UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**AS ROCHAS ALCALINAS DE CANANÉIA, LITORAL SUL DO
ESTADO DE SÃO PAULO: CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS,
MINERALÓGICAS E GEOQUÍMICAS**

FERNANDO PELEGRINI SPINELLI

Orientador: Prof. Dr. Celso de Barros Gomes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Celso de Barros Gomes
Examinadores:	Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe
	Prof. Dr. Valdecir de Assis Janasi

SÃO PAULO
2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

AS ROCHAS ALCALINAS DE CANANÉIA, LITORAL SUL DO ESTADO DE
SÃO PAULO: CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS, MINERALÓGICAS E
GEOQUÍMICAS

Fernando Pelegrini Spinelli

Orientador: Prof. Dr. Celso de Barros Gomes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO

2003

DEDALUS - Acervo - IGC

30900013332

Para meus pais, Luiz Silvério e Regina Célia,
família e amigos.

Brigadão!

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	xviii
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxi
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. Vias de acesso	4
 2. MÉTODOS DE TRABALHO	 5
2.1. Programação de campo	5
2.2. Petrografia	5
2.3. Preparação das amostras	6
2.4. Geoquímica	6
2.4.1. <i>Análise química de rochas</i>	6
2.4.2. <i>Análise química de minerais</i>	7
2.5. Tratamento dos dados	8
 3. GEOLOGIA REGIONAL	 10
3.1. Grupo Açungui	12
3.2. Planície Costeira Cananéia-Iguape	13
 4. GEOLOGIA LOCAL	 17
 5. PETROGRAFIA	 26
5.1. Álcali feldspato sienitos	30
5.2. Quartzo-álcali feldspato sienitos	34
5.3. Quartzo-álcali feldspato sienitos porfíricos	38
5.4. Microsienitos com textura em mosaico	41
5.5. Microsienitos porfíricos com textura traquítica	43
5.6. Seqüência de cristalização	45

6. GEOQUÍMICA	47
7. QUÍMICA MINERAL	58
7.1. Feldspatos	58
7.2. Clinopiroxênios	61
7.3. Anfibólios	68
7.4. Biotitas	77
7.5. Olivinas	83
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
8.1. Aspectos texturais e transformações tardi-magmáticas	84
8.2. Mineralogia normativa	86
8.3. Correlação geológica	88
8.4. Conclusões	90
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

ÍNDICE DAS FIGURAS

- Figura 1 - Distribuição dos complexos alcalinos e alcalino-carbonatíticos do sudeste do Brasil. Modificado e simplificado de Ulbrich & Gomes (1981) e Gomes *et al.* (1990). I, II e III correspondem às províncias alcalinas do Paraguai, respectivamente, Alto Paraguai, Amambay e Central. A, B, C e D representam os alinhamentos de Guapiara, São Jerônimo-Curiúva, Rio Alonzo e Rio Piqueri. 3
- Figura 2 – Mapa de localização com vias de acesso à área de estudo. Extraído e modificado do Guia 4 Rodas 2003. 4
- Figura 3 – Mapa geológico do litoral sul do Estado de São Paulo, com destaque para as intrusões da Ilha de Cananéia (Morro de São João) e da Ilha Comprida (Morrete). Parcialmente modificado de IPT (1981), escala original 1:500.000. 11
- Figura 4 – Mapa de localização com pontos de amostragem das intrusões de Cananéia e Morrete, separadas pelo “Mar de Cananéia”. Amostras de diques estão representadas por um quadrado azul. 19
- Figura 5 - A) Falhas (círculos máximos) e estrias (pontos) presentes no Morro de São João. As abreviações indicam o movimento relativo entre os blocos: ns, normal com componente sinistral; sn, sinistral com componente normal; rd, reversa com componente dextral; rs, reversa com componente sinistral; sr, sinistral com componente reversa; dn, dextral com componente normal. B) Pólos de juntas do maciço. Rede de Schmidt-Lambert, semi-esfera inferior. Extraído de Riccomini (1995) 25
- Figura 6 - Modelo proposto, segundo Riccomini (1995), para o maciço de Cananéia: A - extensão NE-SW, com a intrusão dos diques de traquito (t) de direção NW-SE; B - extensão NW-SE e compressão NE-SW, com a

colocação do dique de lamprófito (I) e fraturamento nos diques de traquito (f).	25
Figura 7 - Diagrama ternário de classificação de rochas ígneas (QAP) segundo Streckeisen (1976). Os campos 1 e 2 correspondem, respectivamente, a álcali feldspato sienitos e quartzo-álcali feldspato sienitos. Círculos cheios representam as variedades intrusivas, enquanto que os vazios os tipos hipoabissais.	27
Figura 8 - Diagrama classificatório para o índice de alcalinidade das rochas de Cananéia segundo os campos definidos por Comin-Chiaramonti & Gomes (1996). As intrusivas do Morro de São João estão representadas por círculos azuis (●), enquanto que as hipoabissais por quadrados azuis (■); já as intrusivas do Morrete (Ilha Comprida) estão indicadas por círculos verdes (●).	48
Figura 9 - Gráfico relacionando os teores de K_2O e Na_2O (Middlemost, 1975) para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.	48
Figura 10 - Diagrama R1-R2 ($R1 = 4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$; $R2 = 6Ca-2Mg+Al$; cf. De La Roche <i>et al.</i> , 1980; De La Roche, 1986) para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.	50
Figura 11 - Diagramas relacionando os elementos maiores com a concentração de sílica para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.	51
Figura 12 - Diagramas relacionando os elementos menores Cr, Ni Sr, Rb, Nb e Zr com a concentração de sílica para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.	52
Figura 13 - Diagramas relacionando os elementos menores Y, Ba, La, Ce e Nd com a concentração de sílica para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.	53
Figura 14 - Diagramas do tipo <i>spider</i> para elementos incompatíveis normalizados	

para o manto primitivo (Sun & McDough, 1989). No primeiro gráfico estão projetados os pontos referentes às rochas intrusivas do Morro de São João e do Morrete. Já o segundo contém os campos de distribuição dessas rochas, em tons de cinza, e os pontos relativos às hipoabissais do Morro de São João. 55

Figura 15 - Diagramas do tipo *spider* mostrando os campos de variação para os elementos incompatíveis normalizados segundo o manto primitivo (Wood *et al.*, 1979) relativos às províncias não-carbonatíticas brasileiras e às rochas de Cananéia. Extraído e modificado de Morbidelli *et al.* (1995). 56

Figura 16 - Diagramas de elementos Terras Raras normalizados para condritos (Boynton, 1984) para as rochas intrusivas e hipoabissais do Morro de São João. 57

Figura 17 - Variação composicional dos feldspatos alcalinos (A, C, D, E, F) e plagioclásios (B), expressa em proporções moleculares de Ab-Or-An, para as rochas de Cananéia. Legenda: azul: Morro de São João (Cananéia); verde: Morrete (Ilha Comprida); álcali feldspato sienitos (◆) centro, (◇) borda, (◈) região intermediária; quartzo-álcali feldspato sienitos (●) centro, (○) borda, (◐) região intermediária; quartzo-álcali feldspato sienitos porfíricos (●) centro, (○) borda, (◐) região intermediária; microssienitos com textura em mosaico e microssienitos porfíricos com textura traquítica (■) centro, (□) borda, (◼) região intermediária. 59

Figura 18 - A) Diagrama de classificação para clinopiroxênios segundo Morimoto (1990), onde $Q = Ca + Mg + Fe^{2+}$ e $J = 2Na$. O gráfico define os quatro grupos de clinopiroxênio: os do quadrilátero $Mg_2Si_2O_6$ (En) - $Fe^{2+}Si_2O_6$ (Fs) - $CaMgSi_2O_6$ (Di) - $CaFe^{2+}Si_2O_6$ (Hd) denominado Quad, os sódico-cálcicos, os sódicos e outros que incluem minerais de Mn-Mg-Li. B) Diagrama ternário de classificação En-Fs-Wo (Morimoto, 1990), onde: $En = 100Mg/(Ca + Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn + Na)$, $Fs = 100(Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn)/(Ca + Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn + Na)$ e $Wo = 100Ca/(Ca + Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn + Na)$. C) Diagrama ternário de classificação Jd-Ae-WEF (Morimoto, 1990), onde $Jd = (NaAlSi_2O_6)$, $Ae = (NaFe^{3+}Si_2O_6)$ e WEF = (wollastonita, enstatita e

ferrossilita). Símbolos como na Figura 17.	62
Figura 19 - A) Distribuição dos clinopiroxênios das rochas de Cananéia no diagrama ternário Mg-Na-Fe*; Fe* = Fe ²⁺ +Mn+(Fe ³⁺ -Na). B) Tendências composicionais para minerais de diversos complexos alcalinos. (1) Ilimaussaq, Groenlândia (Larsen, 1976); (2) South Qôroq, Groenlândia (Stephenson, 1972); (3) Tunas (Gomes <i>et al.</i> , 1987); (4) Itapirapuã (Gomes, 1970); (5) NE do Rio de Janeiro: a) Tanguá-Rio Bonito-Itaúna-Morro de São João, b) Soarinho (Valença, 1980); (6) Banhadão (Ruberti, 1984); (7) Ilha de Vitória (Motoki, 1986); (8) Piratini (Barbieri <i>et al.</i> , 1987), (9) Sapucaí, Paraguai Oriental (De Min, 1992) e (10) Ponta do Morro (Sousa, 1997). Símbolos como na Figura 17.	64
Figura 20 - Diagramas de variação composicional dos clinopiroxênios das rochas de Cananéia. mg# = Mg/(Mg+Fe ²⁺). Símbolos como na Figura 17.	65
Figura 21 - Diagramas de variação composicional dos clinopiroxênios das rochas de Cananéia. mg# = Mg/(Mg+Fe ²⁺). Símbolos como na Figura 17.	66
Figura 22 - Diagramas classificatórios de Leake (1997) para anfibólios cálcicos das rochas alcalinas intrusivas e hipoabissais de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.	70
Figura 23 - Diagramas classificatórios de Leake (1997) para anfibólios cálcico-sódicos das rochas intrusivas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17. ...	71
Figura 24 - Diagramas classificatórios de Leake (1997) para anfibólios sódicos das rochas hipoabissais de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.	72
Figura 25 - A) Diagrama ternário Mg-Ca-Fe* (Fe* = Fe ³⁺ + Fe ²⁺ + Mn); B) Diagrama triangular Ca-K-Na; C) Diagrama Si _T +Na _B +Na _A +K _A vs. Al _T +Ca _C +Ca _B mostrando a evolução composicional dos anfibólios das rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.	73
Figura 26 - Diagramas de variação composicional dos anfibólios das rochas de	

Cananéia. Símbolos como na Figura 17.	75
Figura 27 - Diagramas de variação composicional dos anfibólios das rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.	76
Figura 28 - Diagrama de classificação de biotitas segundo os componentes eastonita-siderofilita-flogopita-annita (Deer <i>et al.</i> , 1992) para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.	78
Figura 29 - Diagramas de variação relacionando o índice mg# ($Mg/Mg+Fe^{2+}$) das biotitas com os cátions presentes na estrutura desses minerais. Símbolos como na Figura 17.	79
Figura 30 - Locação das biotitas das rochas de Cananéia nos diagramas ternários ($Al^{IV}+Ti$)- Mg -($Fe^{2+}+Mn$) (A), Mg - Al - Fe^{2+} (B) e Mg - K - Fe^{2+} (C). Símbolos como na Figura 17.	80
Figura 31 - A) Diagrama Mg vs. Fe^{2+} indicando a principal substituição do sítio octaédrico nas biotitas das rochas de Cananéia. B) Diagrama $\square^{VI}$ vs. Ti mostrando as substituições acopladas com a entrada de Ti no sítio octaédrico. C) Diagrama ($Al^{IV}+Fe^{3+}$) vs. Ti evidenciando as substituições causadas pela entrada de Ti no sítio octaédrico. D) Diagrama ($Ti+\square^{VI}$) vs. ($Mg+Fe^{2+}$) apresentando as substituições dos cátions no sítio octaédrico. Símbolos como na Figura 17.	82
Figura 32 - Diagrama de classificação de olivinas para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.	83
Figura 33 - A) Diagrama Q-Ab-Or (porcentagens em peso na norma CIPW recalculadas para 100%) com os pontos representativos das rochas de Cananéia. B) Diagrama Ab-An-Or (porcentagens em peso na norma CIPW recalculadas para 100%) com a curva de <i>solvus</i> (linha LSK; K=ponto consoluta) para os feldspatos ternários e a linha cotética plagioclásio-feldspato alcalino (PAL; C=ponto mínimo) para o sistema insaturado a 2 kb e $a(H_2O)=0,1$ (Nekvasil, 1990 <i>apud</i> Janasi, 1992). Símbolos como na Figura 8.	87

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 – Contagem modal de amostras representativas das rochas alcalinas de Cananéia. Os valores são expressos em %, espaçamento 0,02 mm e média de 2.2200 pontos.	26
Tabela 2 – Análises químicas de elementos maiores (%) e traços (ppm), juntamente com os valores para a norma CIPW, R1-R2 (cf. De La Roche <i>et al.</i> , 1980; De La Roche, 1986), mg* (MgO/MgO + FeO assumindo $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,18$), índice agpaítico (I.A. = $Na_2O + K_2O/Al_2O_3$; proporção molecular, cf. Sørensen, 1960), índice de cor (I.C.) e índice de diferenciação (I.D. = Q + Or + Ab + Ne + Ks + Lc; cf. Thornton & Tuttle, 1960) para as rochas de Cananéia.	101
Tabela 3 - Composição química de feldspatos alcalinos e plagioclásios dos álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais; p, pertita; h, hospedeiro; lam, lamela; hóspede; incl, inclusão; pl, plagioclásio; f, fenocristal; m, matriz; v, veio.	104
Tabela 4 - Composição química de feldspatos alcalinos e plagioclásios dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 3.	108
Tabela 5 - Composição química de feldspatos alcalinos e plagioclásios dos quartzo-álcali feldspato sienitos porfíricos do Morrete, Ilha Comprida. Abreviações como na Tabela 3.	110
Tabela 6 - Composição química de feldspatos alcalinos dos microssienitos com textura em mosaico do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 3.	112

Tabela 7 - Composição química de feldspatos alcalinos dos microssienitos com textura em mosaico e dos microssienitos porfiríticos com textura traquítica do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 3.	113
Tabela 8 - Composição química dos clinopiroxênios dos álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais. Classificação: Di, diopsídio; Hd, hedenbergita; Au, augita; Ea, egerina-augita; $mg^* = \text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO})$	115
Tabela 9 - Composição química de clinopiroxênios dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações e classificação como na Tabela 8.	117
Tabela 10 - Composição química de clinopiroxênios dos microssienitos com textura em mosaico do Morro de São João, Cananéia. Abreviações e classificação como na Tabela 8.	119
Tabela 11 - Composição química de clinopiroxênios dos microssienitos com textura em mosaico e dos microssienitos porfiríticos com textura traquítica do Morro de São João, Cananéia. Abreviações e classificação como na Tabela 8.	120
Tabela 12 - Composição química dos anfibólios dos álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais. Classificação: Ed, edenita; FEd, ferro-edenita; MHas, magnesiohastingsita; MHbl, magnesiohornblenda; FHbl, ferrohornblenda; Rct, richterita; FRct, ferorrichterita; Ktf, katoforita; MKtf, magnesiokatoforita; Tmt, taramita; Win, winchita; FWin, ferrowinchita; fBar, ferri-barroisita; FBar, ferrobarroisita; fFBar, ferri-ferrobarroisita; Avd, arfvedsonita. Fórmula estrutural calculada assumindo (OH, F, Cl) = 2,00 a.f.u.; $mg\# = \text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO})$	121
Tabela 13 - Composição química dos anfibólios dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações e classificação	

como na Tabela 12.	125
Tabela 14 - Composição química dos anfibólios dos quartzo-álcali feldspato sienitos porfiríticos do Morrete, Ilha Comprida. Abreviações e classificação como na Tabela 12.	127
Tabela 15 - Composição química dos anfibólios dos microssienitos porfiríticos com textura traquítica do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 12.	129
Tabela 16 - Composição química de biotitas dos álcali-feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais. Proporção de H ₂ O na fórmula estrutural estimada em 4,00 a.f.u.; mg# = MgO/(MgO+FeO).	130
Tabela 17 - Composição química de biotitas dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia, e dos quartzo-álcali feldspato sienitos porfiríticos do Morrete, Ilha Comprida. Abreviações como na Tabela 16.	132
Tabela 18 - Composição química de olivinas das rochas de Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais.	134

ÍNDICE DAS FOTOS

Foto 1 - Vista parcial da Planície de Cananéia-Iguape observada do Mirante do Cristo no Morro de Iguape.	14
Foto 2 - Depósito arenoso da Formação Cananéia aflorante na Ilha Comprida. ...	14
Foto 3 - Depósito arenoso da Formação Cananéia localizado na Estrada do Quaternário na Ilha de Cananéia.	14
Foto 4 - Vista geral do Morro de São João e do porto de Cananéia. Ao fundo, à direita, vê-se parte do contorno da Ilha do Cardoso, constituída basicamente por rochas pré-cambrianas.	18
Foto 5 - Vista geral do Morrete, com o pequeno ancoradouro, ponto de embarque/desembarque do “ferry-boat”, ocupando o centro da fotografia. ..	18
Foto 6 - Vista do canal conhecido como “Mar de Cananéia”, que separa as duas ocorrências alcalinas: Morro de São João, à direita, Morrete, à esquerda. Ao fundo, à direita da fotografia, aparece parte da Ilha do Cardoso.	18
Foto 7 - Detalhe da vegetação cerrada cobrindo o Morro de São João e que termina abruptamente nos blocos costeiros.	18
Foto 8 - Matações de dimensões métricas em uma clareira formada pela extração de palmito. Porção E do morro próxima à área costeira.	20
Foto 9 - Bloco com alteração esferoidal e coberto por líquen.	20
Foto 10 - Matações expostos ao longo da área costeira.	20

Foto 11 - Amostra de granulação muito fina referente ao ponto CN-05 (Morro de São João).	20
Foto 12 - Amostra de granulação muito fina referente ao ponto CN-41c (Morro de São João).	21
Foto 13 - Dique vertical, de espessura decimétrica, constituído por rocha traquítica de coloração escura cortando a encaixante sienítica. Região costeira. Direção do dique: N40W/subvertical.	21
Foto 14 - Dique traquítico penetrando a encaixante sienítica de coloração mais rosada. Região costeira, bloco deslocado.	21
Foto 15 - Veio centimétrico de rocha afanítica penetrando a encaixante sienítica aflorante próximo à área costeira. Direção do veio: N35W/subvertical.	21
Foto 16 - Veio deformado de rocha afanítica, indicando movimento sinistral, A seta mostra um fragmento do sienito encaixante no interior do veio. Direção do veio: N45W/subvertical.	22
Foto 17 - Fragmentos de rocha afanítica, de coloração acinzentada, no interior da massa sienítica.	22
Foto 18 - Fragmento irregular de rocha afanítica, de coloração cinza, no interior da massa sienítica.	22
Foto 19 - Fragmento decimétrico de rocha afanítica, de coloração rosada, no interior da massa sienítica.	22
Foto 20 - Rochas do corpo satélite do Morrete aflorantes como matacões de dimensões métricas formando pequena gruta.	23
Foto 21 - Dique de rocha afanítica cortando as rochas sieníticas do Morrete; ambas litologias encontram-se totalmente alteradas. Direção do dique: N48E/subvertical.	23

Foto 22 - Veio de caráter pegmatóide de espessura centimétrica na encaixante sienítica. Direção do veio N60W/subvertical.	23
Foto 23 - Textura pegmatóide das rochas de Cananéia com cristais de feldspato alcalino com tamanho de até 2 cm.	23
Foto 24 - Veio pegmatóide de espessura decimétrica na encaixante sienítica situado na área costeira; ambas litologias estão alteradas.	28
Foto 25 - Veios pegmatóides de natureza predominantemente feldspática, com raros minerais ferromagnesianos, penetrando o material sienítico de coloração mais escura.	28
Foto 26 - Microssienito com veio pegmatóide de espessura centimétrica. Amostra referente ao ponto CN-24 (Morro de São João).	28
Foto 27 - Amostra de rocha da fácies porfírica referente ao ponto CN-08 (porção E do corpo do Morrete).	28
Foto 28 - Concentração de minerais ferromagnesianos, de forma irregular (<i>schlieren</i> de constituição), no interior das rochas intrusivas do Morrete.	29
Foto 29 - Concentração de minerais ferromagnesianos na forma de veios (<i>schlieren</i> de injeção) cortando a massa sienítica.	29

ÍNDICE DAS MICROFOTOGRAFIAS

Microfotografia 1 - Álcali feldspato sienito: estrutura mesopertítica no cristal do centro. À direita, observa-se cristal de feldspato com as fases micropertítica, albítica e potássica. Polarizadores cruzados.	31
Microfotografia 2 - Álcali feldspato sienito: aglomerado de plagioclásio reliquiar substituído parcialmente pelo processo de desmituração. Polarizadores cruzados.	31
Microfotografia 3 - Álcali feldspato sienito: plagioclásio reliquiar no interior do feldspato alcalino repleto de inclusões de clinopiroxênio, anfibólio e biotita. Polarizadores cruzados.	31
Microfotografia 4 - Álcali feldspato sienito: textura poiquilítica em magnesiohornblenda (hbl) com agregados reliquiais de clinopiroxênio (cpx) e inclusões de opacos e apatita (ap) idiomórfica. Polarizadores paralelos. ...	31
Microfotografia 5 - Álcali feldspato sienito: magnesiohornblenda com textura poiquilítica ou de emulsão com clinopiroxênio reliquiar e biotita associada às fraturas e bordas. Inclusões de apatita e opacos. Nota-se a presença de lamelas de opacos nos planos da clivagem da biotita. Polarizadores paralelos.	33
Microfotografia 6 - Álcali feldspato sienito: pseudomorfo de olivina no interior do clinopiroxênio com borda associada de magnesiohornblenda. Nota-se biotita associada às clivagens do anfibólio. Polarizadores paralelos.	33
Microfotografia 7 - Álcali feldspato sienito: pseudomorfo de olivina substituído por iddingsita(?) com bordas de magnesiohornblenda (verde oliva escuro) e biotita (vermelho-acastanhado escuro). Polarizadores paralelos.	33

- Microfotografia 8 - Álcali feldspato sienito: quartzo (qtz) intersticial associado a magnesiohornblenda (hbl) com aspecto límpido. Polarizadores paralelos. 33
- Microfotografia 9 - Quartzo-álcali feldspato sienito: textura fanerítica média, inequigranular com cristais de katoforita com textura poiquilítica (à direita), olivina substituída por iddingsita(?) e quartzo intersticial de aspecto límpido. Polarizadores paralelos. 35
- Microfotografia 10 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino com as fases pertítica (esquerda superior), albítica (turva) e potássica (límpida) e cristal idiomórfico zonado (centro). Polarizadores cruzados. 35
- Microfotografia 11 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino apresentando geminação do periclínio associada à da albita. Inclusão de zircão (birrefringência azul) e titanita no feldspato com as fases pertítica e potássica. Polarizadores cruzados. 35
- Microfotografia 12 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino com intercrescimento de quartzo. Feição observada somente em amostras de rochas do Morrete (Ilha Comprida). Polarizadores cruzados. 35
- Microfotografia 13 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino com estruturas de exsolução (fases pertítica, albítica - límpida, e potássica - turva). O quartzo ocorre preenchendo espaços intergranulares. Polarizadores cruzados. 37
- Microfotografia 14 - Quartzo-álcali feldspato sienito: magnesiohornblenda (hbl) associada às bordas de clinopiroxênio (cpx). Polarizadores cruzados. 37
- Microfotografia 15 - Quartzo-álcali feldspato sienito: olivina (olv) substituída por clinopiroxênio (cpx) com bordas de magnesiohornblenda (hbl) e biotita (bio). Polarizadores paralelos. 37
- Microfotografia 16 - Quartzo-álcali feldspato sienito: cristal de katoforita com cristais reliquias de clinopiroxênio e biotita associados às suas bordas. Na

biotita, nota-se halo pleocróico causado pela inclusão de zircão. Polarizadores paralelos.	37
Microfotografia 17 - Quartzo-álcali feldspato sienito: olivina com magnesiohornblenda e biotita associada às bordas e fraturas. Polarizadores paralelos.	39
Microfotografia 18 - Quartzo-álcali feldspato sienito porfirítico: fenocristal de feldspato alcalino zonado com porções pertíticas e homogêneas. Os fenocristais menores são totalmente mesopertíticos. Polarizadores cruzados.	39
Microfotografia 19 - Quartzo-álcali feldspato sienito porfirítico: fenocristal de feldspato alcalino zonado apresentando fase mesopertita no centro e albitica na borda do cristal. No canto direito superior, observam-se cristais de feldspato com borda pertítica e centro mais homogêneo (fase albitica). Polarizadores cruzados.	39
Microfotografia 20 - Quartzo-álcali feldspato sienito porfirítico: agregado de ilmenita com biotita nas bordas. Polarizadores paralelos.	39
Microfotografia 21 - Microssienito com textura em mosaico: feldspato alcalino, quartzo e clinopiroxênio correspondem às principais fases minerais presentes. Polarizadores cruzados.	42
Microfotografia 22 - Microssienito com textura em mosaico: cristais de feldspato alcalino, clinopiroxênio e quartzo dispostos seguindo discreta orientação; vê- se também raro megacristal de feldspato alcalino. Polarizadores cruzados.	42
Microfotografia 23 - Microssienito com textura em mosaico: feldspato alcalino apresentando microestruturas de intercrescimento pertítico (fases pertítica, albitica e potássica), clinopiroxênio hipidiomórfico, além de quartzo e opacos intersticiais. Polarizadores paralelos.	42

- Microfotografia 24 - Microssienito com textura em mosaico: feldspato alcalino com microestrutura de exsolução (cristais mais claros de fase albítica), clinopiroxênio (cpx) como grãos hipidiomórficos isolados e presentes na borda do cristal de olivina (olv). O quartzo é intergranular e apresenta aspecto mais límpido. Polarizadores paralelos. 42
- Microfotografia 25 - Microssienito com textura traquítica porfirítica: matriz formada por cristais de feldspato alcalino e clinopiroxênio prismáticos orientados caracterizando uma textura de fluxo. Próximo ao fenocristal de feldspato, a matriz apresenta-se pouco orientada. Polarizadores paralelos. 44
- Microfotografia 26 - Microssienito com textura traquítica porfirítica: matriz composta por cristais de feldspato alcalino e ripas de clinopiroxênio. A matriz assume orientação diversa quando em contato com o fenocristal de feldspato alcalino. Este apresenta borda peritítica e núcleo homogêneo. Polarizadores cruzados. 44
- Microfotografia 27 - Microssienito com textura traquítica porfirítica: feldspato alcalino e clinopiroxênio prismático formando a matriz. No centro, fenocristal de plagioclásio xenomórfico exibe bordas de reação (albita), inclusão de clinopiroxênio e alterações secundárias. Polarizadores cruzados. 44
- Microfotografia 28 - Microssienito com textura traquítica porfirítica: cristais prismáticos de clinopiroxênio. À esquerda, observa-se uma porção mais límpida constituída por quartzo com inclusões de clinopiroxênio. Polarizadores paralelos. 44

AGRADECIMENTOS

Ao término desta Dissertação de Mestrado desejo expressar os meus mais sinceros agradecimentos às diversas pessoas e instituições que auxiliaram na realização deste trabalho.

Assim sendo, agradeço ao Prof. Dr. Celso de Barros Gomes pela orientação, dedicação, apoio e compreensão dispensados durante as diversas fases da execução desse trabalho, ao Dr. Victor Fernandez Velázquez que apoiou o meu ingresso no Curso de Pós-graduação do IG/USP, auxiliou nas atividades de campo e na interpretação dos dados e ao Prof. Dr. Cláudio Riccomini que colocou a minha disposição amostras de rochas de Cananéia tornando possível a adição dos dados mineralógicos.

Meus agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela assistência financeira através dos Processos 97/01210-4 e 01/10743-3, referentes, respectivamente, aos Projetos “Petrologia e geoquímica das rochas alcalinas” e “Magmatismo alcalino na Plataforma Sul-Americana: implicações petrogenéticas e geodinâmicas”, coordenados pelo Prof. Dr. Celso de Barros Gomes e à Coordenação do Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa durante a realização dessa dissertação.

Sou grato ao Prof. Dr. Piero Comim-Chiaramonti e ao Prof. Dr. Paolo Censi ambos da Universidade de Trieste, Itália, que auxiliaram nos trabalhos de obtenção dos dados geoquímicos e na contribuição de suas experiências; ao Prof. Dr. Gergely Szabó e à Sra. Angélica Morente, pelo auxílio durante as atividades realizadas no Laboratório de Óptica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica; ao Prof. Dr. Sílvio R. F. Vlach e ao Sr Marcos Mansueto, pela assistência na obtenção dos dados de química mineral no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Departamento de Mineralogia e Geotectônica e ao Prof. Dr. Valdecir de Assis Janasi, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, pelas iniciativas que beneficiaram a pós-graduação do referido programa.

Da mesma forma agradeço à minha amiga e colega de profissão MSc. Iede Terezinha Zolinger, aluna de doutorado, que auxiliou na correção do texto e sugeriu mudanças no decorrer deste trabalho. Agradeço também às amigas, Luciana Rodrigues Caparroz (minha afilhada); Janaína Trindade C. Silva (Mozão), Fernanda Nishiyama da Silva, Tânia Jacobson, Patrícia Braga T. Iezzi, Alethéa Ernandes M. Sallun e Monalisa Horvath, que além de excelentes colegas de profissão, me

ajudaram com momentos de descontração e inúmeras palavras de apoio e incentivo. Os meus eternos agradecimentos!

Sou grato também aos colegas de Programa Lucelene Martins, Klaus Petersen Júnior, Paulo César Corrêa da Costa, Gaston Eduardo E. Rojas, Artur Deodato Alves, Gustavo Correa de Abreu e Rogério G. Azzone; Sibeles Ezaki do Programa de Recursos Minerais e Hidrogeologia; Paula Garcia C. do Amaral do Programa de Geologia Sedimentar e Willian Sallun Filho do Programa de Geoquímica e Geotectônica. Ao Prof. Dr. José B. Madureira Filho, Prof. Dr. Excelso Ruberti, Prof. Dr. Daniel Atencio, Prof. Dr. Francisco Rubens Alves, Prof. Dr. Rainer A. S. Güttler e Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva pela companhia durante o período de mestrado e pelo convívio (trabalhando) nos inúmeros finais de semana.

Não poderia deixar de agradecer os amigos Liuska Sandim T. Lima, pela revisão do abstract, Cirsyano Sandim da Silveira, Sérgio Bueno e Gustavo Consonni pelas discussões proveitosas e soluções oferecidas participando sempre dessa minha jornada.

Às funcionárias da Biblioteca Sras. Brenda Mascarenhas, Érica do Nascimento; às secretárias do Chefe de Gabinete do Reitor Sras. Clélia Affonso e Luciana P. Arruda; os funcionários das Seções de Pós-Graduação Sras. Ana Paula Cabanal e Magali F. Rizzo e ao Sr. Tadeu Gaggiano, que atenderam com profissionalismo e cortesia todas as consultas efetuadas; ao Sr. José Paulo e à Sra. Sandra Andrade do Laboratório de Química, que auxiliaram no tratamento das amostras; os funcionários do Setor de Laminação, Srs. Cláudio Hopp, Paulo Roberto Molinaro, Paulo Augusto Morgato, Luiz Cláudio Nogueira que adaptaram uma lâmina para analisar os diamantes sob imersão, os meus agradecimentos.

Agradeço também aos funcionários da Gráfica, em especial ao Srs. Claudionor Barbosa e Edmir de Oliveira responsáveis pela encadernação dos volumes finais dessa dissertação e ao Sr. Jaime S. Marcos, que preparou parte do material fotográfico utilizado.

Em muito especial, agradeço aos meus queridos pais, Luiz Silvério e Regina Célia, que são os meus grandes exemplos, sempre me estimulando com intensa dedicação e experiência de vida!

A todos os profissionais e amigos, que de uma forma ou de outra colaboraram neste trabalho e que por descuido não tenham sido mencionados, apresento os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

O presente trabalho se ocupa da investigação petrológica, mineralógica e geoquímica das rochas alcalinas de Cananéia, no litoral sul do Estado de São Paulo. Elas possuem natureza eminentemente sienítica e ocorrem na forma de pequena intrusão (0,49 km²) aflorando numa elevação isolada (Morro de São João), com 137 m de altura, situada na porção meridional daquela localidade. Um corpo satélite de menor dimensão (Morrete), petrograficamente similar, é encontrado na vizinha Ilha Comprida.

Os dados geoquímicos atestam o caráter marcadamente saturado, a afinidade potássica e o alto grau de evolução dessas rochas, enquanto que os diagramas multielementares, relacionando os teores dos elementos maiores e traços com a concentração de sílica, são indicativos de que processos de cristalização fracionada exerceram papel importante na sua formação. Por outro lado, a distribuição normalizada dos elementos incompatíveis, evidenciando a presença de anomalias negativas para Sr, Ti e Ba, e positivas para Zr e La, guarda concordância com o comportamento observado em outras ocorrências alcalinas brasileiras não-carbonatíticas portadoras de rochas evoluídas.

A composição das rochas estudadas é formada essencialmente por feldspato alcalino; clinopiroxênios cálcicos e cálcico-sódicos; anfibólios cálcicos, sódico-cálcicos e sódicos; micas (biotita) ricas em Fe e fases acessórias (apatita, titanita, zircão e opacos). Com base nas suas características químicas e mineralógicas, propõe-se para essas rochas uma gênese relacionada com a cristalização fracionada a partir de uma fonte mantélica de composição peraluminosa.

Quando comparadas às litologias mais representativas dos complexos alcalinos vizinhos (Jacupiranga, Juquiá e Pariquera-Açu), nota-se que as rochas de Cananéia são petrográfica e quimicamente muito diferentes, tendo apenas como feição comum o mesmo condicionamento tectônico (Arco de Ponta Grossa).

ABSTRACT

This work presents the petrological, mineralogical and geochemical study of the alkaline rocks of Cananéia, south coast of the São Paulo State. The rocks are of syenitical nature and occur in the form of a small intrusion (0,49 km²) as an isolate hill (Morro de São João), with 137 m height, situated in the southern portion of that locality. A satellite body of lesser dimension (Morrete), with similar petrography, occurs in the neighboring Ilha Comprida.

The geochemical data show a highly saturated character with potassic affinity and a high evolved degree of these rocks, while the multielemental diagrams with contents of the major and trace elements and the silica concentration, are indicative that processes of fractional crystallization played an important role in this formation. On the other hand, the normalized distribution of incompatible elements shows negative anomalies for Sr, Ti and Ba, and positive for Zr and La, in agreement with other Brazilian alkaline occurrences carrying carbonatite-free evolved rocks.

The studied rocks are formed essentially by alkaline feldspar; calcic and calcic-sodic clinopyroxenes; calcic, sodic-calcic and sodic amphiboles; micas (biotite) rich in Fe and accessory phases (apatite, titanite, zircon and opaque minerals). It is proposed for these rocks a genesis related with the fractional crystallization from a mantle source of peraluminous composition, based on the chemical and mineralogical characteristics.

When compared with the most representative lithology of neighboring alkaline complexes (Jacupiranga, Juquiá and Pariquera-Açu), it is observed that the rocks of Cananéia are petrologically and chemically very different, having only the same tectonic condition (Ponta Grossa Arch) in common.

1. INTRODUÇÃO

Em razão das suas múltiplas particularidades, como resultado de uma grande diversidade mineralógico-petrográfica e complexidade química, as rochas alcalinas têm despertado, ao longo dos anos, o interesse de pesquisadores principalmente dos petrógrafos. No Brasil, e mais especificamente no caso do núcleo geológico da Universidade de São Paulo, essas rochas vêm sendo alvo de atenção desde a década dos quarenta (Leinz, 1940; Freitas, 1947), com o interesse se estendendo até os nossos dias. Nesse período de tempo, foram numerosos os trabalhos produzidos ligados a esse grupo, grande parte deles na forma de teses de doutoramento. Uma primeira noção sobre o muito até então realizado é oferecida nos artigos de revisão de Ulbrich & Gomes (1981) e, posteriormente, de Gomes *et al.* (1990), este último tratando especificamente das rochas carbonatíticas. Mais recentemente, as informações foram compiladas nas contribuições, também de caráter revisional, de Morbidelli *et al.* (1995) e Gomes *et al.* (1996). De maneira geral, a ênfase até então foi inteiramente voltada para as ocorrências encontradas em território nacional, contudo, a partir de meados da década passada, deu-se também o envolvimento daquele grupo de pesquisa com as presentes em território paraguaio (Velázquez, 1992, 1996). Fruto maior dessa nova linha de ação é o livro de Comin-Chiaramonti & Gomes (1996), reunindo dados mineralógicos, petrográficos, geoquímicos e paleomagnéticos sobre as últimas rochas, bem como trazendo análise comparativa sobre as variedades dos dois países.

Conforme observado anteriormente, as rochas alcalinas apresentam grande variabilidade, que se reflete, em se tratando dos corpos brasileiros, nos seguintes aspectos: **modo de ocorrência**, reconhecendo-se desde formas intrusivas (complexos anelares, *stocks*), hipoabissais (diques, diques radiais e anelares, veios) até extrusivas (lavas, *plugs*, domos, *necks*); **quimismo**, passando de tipos extremos ultrabásicos a ácidos; **área de exposição**, variando de poucos metros a centenas de quilômetros quadrados, com o principal complexo brasileiro, o de Poços de Caldas, cobrindo superfície superior a 800 km²; **cronologia**, estendendo-se no intervalo de idades desde o Permo-Triássico (240-250 Ma), passando pelo Eoceno (~50 Ma) e chegando até o Terciário (Província de Fortaleza com ~34 Ma). Adicionalmente, mencione-se que elas, sobretudo os carbonatitos, constituem-se em fontes comercialmente exploráveis de nióbio, fosfato, tório e vermiculita, além de potenciais em terras raras e titânio. No momento, encontram-se em atividade produtiva as

ocorrências de Araxá, Catalão e Tapira (MG-GO) e Jacupiranga (SP). Poços de Caldas (MG) teve suas atividades encerradas desde 1998.

Rochas alcalinas fanerozóicas estão presentes em diversos pontos do território nacional, ainda que sejam mais abundantes junto às regiões centro-oeste e sudeste, ao lado do fato de se mostrarem caracteristicamente distribuídas ao longo das margens da Bacia do Paraná (Figura 1). Elas são mais freqüentes nas áreas continentais, mas também podem ser encontradas em algumas ilhas continentais costeiras (p.e., Búzios, Monte de Trigo, São Sebastião, Vitória, no litoral do Estado de São Paulo). Com base principalmente em evidências tectônicas, Almeida (1983) procurou agrupar as numerosas ocorrências conhecidas, incluídas aqui as dos países vizinhos, em diversas províncias: Piratini, Santa Catarina, Arco de Ponta Grossa, Ipanema, Poços de Caldas, Alto Paranaíba, Rio Verde-Iporá, Serra do Mar, Mariscal (Uruguai), Paraguai Oriental, Candelaria e Velasco (estas últimas na Bolívia). Ainda segundo esse autor, as ocorrências brasileiras podem, por sua vez, ser reunidas em dois grandes conjuntos: 1) bordas da Bacia do Paraná e 2) cinturão litorâneo São Paulo-Rio de Janeiro.

Desde meados dos oitenta, as rochas alcalinas situadas nas bordas da Bacia do Paraná vêm sendo investigadas de forma sistemática do ponto de vista petrológico e geoquímico, sobretudo no âmbito de projetos temáticos apoiados financeiramente pela Fapesp ("Magmatismo básico-alcalino da Bacia do Paraná", Proc. 90/3692-7, e "Petrologia e geoquímica das rochas alcalinas", Proc. 97/01210-4, ambos encerrados; "Magmatismo alcalino na Plataforma Sul-Americana: implicações petrogenéticas e geodinâmicas", Proc. 01/10714-3, em andamento).

Figura 1 - Distribuição dos complexos alcalinos e alcalino-carbonatíticos do sudeste do Brasil. Modificado e simplificado de Ulbrich & Gomes (1981) e Gomes *et al.* (1990). I, II e III correspondem às províncias alcalinas do Paraguai, respectivamente, Alto Paraguai, Amambay e Central. A, B, C e D representam os alinhamentos de Guapiara, São Jerônimo-Curiúva, Rio Alonzo e Rio Piqueri.

1.1. Vias de acesso

A partir de São Paulo, o acesso à intrusão de Cananéia, distante aproximadamente 259 km, é feito pela Rodovia Regis Bittencourt (BR-116), em direção ao sul do país até a cidade de Registro (Figura 2). Após 19 km desta localidade (km 464), há um trevo de acesso para a Rodovia Pariquera-Açu-Cananéia (SP-226). Nesta estrada, percorridos 16 km de Pariquera-Açu, chega-se a uma bifurcação oferecendo duas alternativas para atravessar o “Mar de Cubatão”: uma por meio de balsa e a outra, mais usada, por uma ponte (Ponta de Aroeira). Deste último ponto, chega-se à Cananéia num percurso de 26 km.

A intrusão do Morrete, de menor extensão, localiza-se na vizinha Ilha Comprida. O acesso ao corpo é realizado por meio de balsa partindo da área central de Cananéia. Feita a travessia, toma-se a estrada de terra para Boqueirão Sul e cerca de 600 m adiante entra-se na primeira via à direita, que passa ao lado do pequeno morro.

Figura 2 - Mapa de localização com vias de acesso à área de estudo. Extraído e modificado do Guia 4 Rodas 2003.

2. MÉTODOS DE TRABALHO

2.1. Programação de campo

Para as atividades de campo, foram empregados mapas topográficos na escala aproximada de 1:5.000 e 1:7.500, que permitiram a locação dos pontos examinados, o registro das observações geológicas e a correspondente coleta de amostras representativas dos corpos. Os trabalhos de campo tiveram início em fevereiro de 2000 e contaram, nas suas diversas etapas, com a participação do Prof. Dr. Celso de Barros Gomes e dos pesquisadores Dr. Victor Velázquez Fernandez e pós-graduanda MSc Iede Terezinha Zolinger. Junto à região costeira, recorreu-se a uma pequena lancha pertencente à unidade básica de Cananéia do Instituto Oceanográfico da USP, facilitando, assim, o acesso aos matacões, que constituem a feição dominante por toda a orla do lado do canal.

2.2. Petrografia

Um total de 47 amostras representativas das alcalinas de Cananéia foi examinado e agrupado com base nas características macroscópicas dessas rochas (textura, granulação e mineralogia). Para cada grupo petrográfico, foram selecionados os tipos mais significativos e, ao final, confeccionadas 36 lâminas delgadas para fins de estudos microscópicos preliminares. Desse total, 18 foram objeto de trabalho de microscopia petrográfica mais refinado, empregando-se aparelho de fabricação Olympus, modelo BX40, acoplado com luz refletida para análise de opacos.

Para as estimativas modais, recorrendo-se a contagens superiores a 2500 pontos, utilizou-se microscópio da marca Zeiss, modelo Axioplan, acoplado com *charriot*, e contador elétrico marca J. Smith & Son. Um segundo microscópio da mesma marca e modelo, com *charriot* próprio e contador manual da marca Clay-Adams, foi também usado para idêntico propósito.

O objetivo nesta etapa de trabalho foi reconhecer as feições ópticas e os diferentes aspectos texturais exibidos pelos minerais das rochas de Cananéia, contando-se para tanto com os textos de referência de Tröger (1979) e Deer *et al.* (1992). Para os estudos descritivos e classificação dos tipos petrográficos

encontrados foram empregadas fontes diversas (p.e. Streckeisen, 1976; Gillespie & Styles, 1997), em função dos critérios levados em consideração.

As microfotografias foram obtidas com auxílio de estereomicroscópio modelo SZH10 e microscópio modelo BX50, ambos da marca Olympus, acoplados com objetivas de aumento de 2,5 a 100 X e câmara fotográfica Olympus PM20.

2.3. Preparação das amostras

Esta programação foi efetuada no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA) do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da USP. Os trabalhos visando à determinação da química global e isotópica das rochas envolveram a fragmentação do material com prensa, britador de mandíbulas e moagem com moinho de disco, e sua posterior micronização por meio do Micronising Mill, tipo H2A.

Com vistas à determinação química das rochas de Cananéia, as amostras foram trabalhadas em três frações granulométricas distintas: abaixo de 60 *mesh* para a preparação de pó para análise de rocha total; entre 60 e 80 *mesh* e abaixo de 100 *mesh*.

2.4. Geoquímica

2.4.1. Análise química de rochas

Para fins de análise geoquímica, foram coletadas do total (47), 32 amostras de rochas foram destinadas à determinação do seu quimismo global sendo elas provenientes tanto do Morro de São João como do Morrete.

A dosagem dos elementos se deu por fluorescência de raios X e teve lugar nos laboratórios do Departamento de Engenharia Química, do Ambiente e de Matérias Primas da Universidade de Trieste, Itália, empregando-se pastilhas prensadas e equipamento de fabricação Philips, modelo PW-1400. A exatidão dos resultados é, respectivamente, superior a 2% e 10% para os elementos maiores e menores. A metodologia utilizada é descrita em Bellieni *et al.* (1983).

Com base nas análises por fluorescência de raios X e levando em conta as diferenças químicas observadas, foram selecionadas 10 dentre as 32 amostras escolhidas previamente para a determinação dos Elementos Terras Raras. Este trabalho foi conduzido pelo Dr. Paolo Censi, no Laboratório do Instituto de

Mineralogia, Petrologia e Geoquímica da Universidade de Palermo, Itália, empregando-se a metodologia preconizada por Casetta *et al.* (1990).

2.4.2. Análise química de minerais

Com base na descrição petrográfica realizada, 15 amostras representativas das rochas de Cananéia foram escolhidas para a programação analítica com a microsonda. O estudo microscópico auxiliou na seleção prévia dos pontos nos grãos a serem examinados, considerando as características ópticas das fases minerais de interesse, que podem refletir possíveis diferenças químicas (zoneamento, lamelas de exsolução, corrosão, inclusões, etc.).

As análises foram efetuadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da USP, empregando-se instrumental de fabricação JEOL, JXA-8600 Superprobe, equipado com cinco espectrômetros acoplados com os seguintes pares de cristais: TAP/STE, TAP/PET, LIF/PET, PET/LIF e LIF/PET. O equipamento encontra-se automatizado com um sistema Voyager 3.6.1 da Normam Instruments. As determinações foram feitas em secções delgadas polidas, metalizadas a vácuo com uma película de carbono (~25 nm) em um operador AUTO 206 de fabricação Edwards.

As condições analíticas de rotina adotadas nos trabalhos foram 15 kV para o potencial de aceleração e 20 ± 10 nA para a corrente do feixe eletrônico. O diâmetro do feixe variou entre 15 a 5 μm para os feldspatos e de 5 μm para os minerais máficos. O tempo máximo de integração das contagens foi de 20" para a maioria dos elementos, 10" para os mais voláteis (Na, K, F, Cl) e de 30 a 50" para menores e traços. As correções para o efeito matriz (número atômico, absorção de massa e fluorescência secundária) foram conduzidas com o programa de uso interno do laboratório PROZA. Os erros totais máximos estimados para os resultados variam entre 1 a 2% para os elementos maiores, 5% para os menores e superiores a 10% para os traços (> 1% em peso do elemento).

A exatidão dos resultados obtidos, que varia com a concentração do determinado elemento presente em cada fase mineral investigada, aponta para erros em torno de 3% para os elementos maiores e 5% para os menores. Quanto à reprodutibilidade (precisão), refletindo por excelência as condições operacionais, os erros são de aproximadamente 1% (Gomes, 1984).

Uma técnica muito utilizada na rotina do laboratório consiste no emprego de caneta de coloração vermelha para assinalar nas secções delgadas pequenos

círculos indicando pontos de interesse analítico. Posteriormente, essas marcações são microfotografadas com a finalidade de registrar os locais exatos para análise, facilitando, assim, o trabalho de localização.

Com objetivo de avaliar o grau de homogeneidade do mineral, foram feitas rotineiramente leituras de pontos nas bordas e nos centros dos cristais. Os resultados estão apresentados na forma de tabelas e diagramas.

As principais fases minerais analisadas foram feldspatos, clinopiroxênios, anfibólios, biotitas e olivinas, sendo empregadas em cada uma delas a rotina preestabelecida no laboratório.

No total, foram analisados 161 pontos em feldspatos, 82 em clinopiroxênios, 105 em anfibólios, 55 em biotitas e 9 em olivinas, buscando-se caracterizar as possíveis variações composicionais em cada um desses minerais em termos de elementos maiores, menores e traços selecionados.

2.5. Tratamentos dos dados

Os dados de química global e mineral são apresentados na forma de porcentagem em peso (%) dos óxidos, bem como expressos em proporções catiônicas, fórmulas estruturais, componentes moleculares ou mesmo diagramas de variação química, usando-se para este último propósito os programas MINPET 2.02 (1995), Corew Draw[®] 9, Microsoft Word[®] e Excel[®] (Office 2000).

O cálculo da fórmula estrutural seguiu as recomendações de Deer *et al.* (1992), sendo os feldspatos calculados na base de 32 átomos de oxigênio; os clinopiroxênios de 6 átomos de oxigênio; os anfibólios de 24 átomos de oxigênio e a proporção de H₂O estimada assumindo (OH, F, Cl) = 2,0 a.f.u. (átomos por fórmula unitária); as biotitas de 22 átomos de oxigênio e proporção de H₂O estimada assumindo (OH, F, Cl) = 4,0 (a.f.u.), enquanto as olivinas foram calculadas na base de 4 átomos de oxigênio.

Pelo fato de a microsonda não caracterizar os diversos estados de valência dos elementos, assumiu-se que o Fe nas olivinas encontra-se na forma de Fe²⁺, enquanto que na biotita ele está presente como Fe²⁺ e Fe³⁺. A proporção estimada para completar a deficiência no sítio tetraédrico é admitida como sendo Fe³⁺, com o restante do Fe calculado como Fe²⁺. Nos feldspatos, o Fe presente foi considerado como sendo Fe³⁺. Para os clinopiroxênios, a proporção Fe³⁺/Fe²⁺ foi calculada

segundo a fórmula de Droop (1987). Nos anfibólios, esses íons foram calculados com base nos limites estequiométricos, conforme descrito em Schumacher (1997).

O ferro estimado por Droop (1987) é obtido a partir da fórmula $F = 2X(1-T/S)$, onde F é o número de Fe^{3+} presente por X oxigênios na fórmula do mineral, T é o número ideal de cátions e S o total de cátions observados por X oxigênios calculados assumindo o ferro total como Fe^{3+} . Para que essa fórmula seja aplicada, é preciso assumir que o ferro representa o único elemento presente podendo mostrar diferentes estados de valência e que o oxigênio seja o único ânion. Este cálculo não é aplicado em minerais portadores de sítios vagos e com proporções desconhecidas de um elemento não analisado.

Schumacher (1997) propõe que o Fe^{3+} presente em anfibólios seja calculado com base em limites estequiométricos, assumindo-se a soma das cargas positivas e negativas igual a 46. Obedecidos esses limites, determina-se um valor mínimo para Fe^{3+} ($\Sigma \leq 8$, Σ até Ca ≤ 15 e Σ até K ≤ 16) e um máximo para Fe^{3+} ($\Sigma \geq 8$, Σ até Mn ≥ 13 e Σ até Na ≥ 15). Neste trabalho optou-se por usar um valor máximo de 13 para Fe^{3+} , igual a somatória dos cátions ocupando sítios octaédricos, excluídos Ca, Na e K.

3. GEOLOGIA REGIONAL

A área investigada pertence à Planície Costeira Cananéia-Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo, e acha-se coberta, em grande parte, por sedimentos quaternários arenosos, homogêneos, compostos por areias finas muito bem selecionadas que variam de continentais na base a influência marinha no topo. Esses depósitos, que também formam um pequeno conjunto de ilhas, estão assentados sobre um embasamento cristalino de idade pré-cambriana e origem metamórfica, relacionado ao Grupo Açungui (Relatório Projeto Sudelpa 1975 *apud* Tessler, 1982). Essa unidade compõe-se basicamente de rochas metamórficas (filitos, mica xistos, gnaisses), recortadas por intrusões "graníticas". Na região de Cananéia, esse embasamento aparece exposto, no continente, ao longo da estrada Parquera-Açu-Cananéia (SP-226) nas imediações da ponte (localidade de Aroeira) que cruza o canal de Cubatão e, na parte oceânica, junto às ilhas do Bom Abrigo e Cardoso, esta última um pouco mais distante. Cortando todo esse conjunto, afloram rochas alcalinas mesozóicas, tendo como principais ocorrências o Morro de São João (Ilha de Cananéia) e Morrete (Ilha Comprida). Presentemente, essas duas ocorrências estão separadas pelo "Mar de Cananéia". Tais intrusões estão associadas tectonicamente com o Alinhamento de Guapiara, pertencente à feição estrutural do Arco de Ponta Grossa (Figura 3).

O Arco de Ponta Grossa é uma grande estrutura soerguida com orientação principal NW, na qual se distinguem quatro grandes falhamentos desenvolvidos subparalelamente a essa direção e associados a uma única fase tectônica ocorrida nos primórdios do Cretáceo (Ferreira, 1982a, b; Almeida, 1983). Essa atividade tectônica levou à formação de fraturamentos e falhamentos normais, bem como de arqueamentos regionais e *horsts* dômicos (Vieira, 1973). Juntamente com o surgimento dos padrões de fraturamento, originaram-se vias de acesso para o magmatismo basáltico, que teve seu clímax de intensidade entre 130 e 120 Ma (Amaral *et al.*, 1967; Melfi, 1967). Levantamentos aeromagnetométricos realizados (Ferreira, 1982a, b) possibilitaram não apenas reconhecer a importância dos falhamentos identificados, assim como assinalar a presença de um outro, a SW, o Alinhamento do Rio Piqueri.

Na descrição de Ferreira (1982a), o Alinhamento de Guapiara demarcaria o limite norte do Arco de Ponta Grossa. Ele se estende por, pelo menos, 600 km e apresenta largura variável de 20 a 100 km, além de atingir a região litorânea na

Figura 3 - Mapa geológico do litoral sul do Estado de São Paulo, com destaque para as intrusões da Ilha de Cananéia (Morro de São João) e da Ilha Comprida (Morrete). Parcialmente modificado de IPT (1981), escala original 1:500.000.

altura da cidade de Iguape, em São Paulo. Na sua porção mais interna são definidos dois alinhamentos subparalelos, São Jerônimo-Curiúva, junto ao lado norte, e Rio Alonzo, junto à parte sul. Delimitando o sul da estrutura, tem-se o Alinhamento do Rio Piqueri (Figura 1). Almeida (1982), além de reconhecer os quatro alinhamentos principais, propõe, com base em levantamentos por sensoriamento remoto, o Alinhamento de Ivaí como limite sul da grande estrutura.

No Arco de Ponta Grossa estão localizados diversos corpos alcalinos de variadas formas e dimensões, com o maior deles correspondendo ao complexo de Jacupiranga (65 km²). Os dados geológicos e geofísicos obtidos por vários autores (Almeida, 1983 entre outros) evidenciam que as intrusões próximas à região central dessa importante feição estrutural estão intimamente condicionadas às grandes zonas de falhas e fraturamentos tracionais de orientação NW, que também serviram de acesso ao magma toleítico.

3.1. Grupo Açungui

O embasamento da região investigada é formado pelo Grupo Açungui, que se constitui na mais extensa unidade do Pré-Cambriano paulista. Sua forma é alongada e se estende pelos Estados do Paraná até o Rio de Janeiro e Espírito Santo. No Estado de São Paulo, está presente na sua porção E-SE e encontra-se delimitado, ao sul, pela Falha de Cubatão e Lineamento de Além Paraíba e, ao norte, pelas falhas de Taxaquara, Monteiro Lobato e Jundiuvira (Hasui *et al.*, 1981).

O Grupo Açungui foi dividido em conjuntos litológicos, caracterizados como complexos por Hasui & Sadowski (1976), a fim de se evitar a conotação de um empilhamento temporal. Assim, esses autores denominaram o conjunto de rochas metassedimentares como Complexo Pilar e o de rochas migmatíticas e gnaisses migmatíticos como Complexo Embu.

O Complexo Pilar é predominantemente formado por rochas xistosas (quartzo-mica xistos, biotita-quartzo xistos, granada-biotita xistos, xistos grafitosos, clorita xistos, sericita-biotita xistos, talco xistos e magnetita xistos) com intercalações de filitos, metassiltitos, quartzitos, mármore e calcoxistos (Hasui *et al.*, 1981). Essas rochas afloram na região de São Paulo, Moji das Cruzes, Cubatão e Embu-Guaçu, além de em áreas adjacentes aos falhamentos de Jundiuvira, Taxaquara, Monteiro Lobato e Cubatão, bem como em manchas isoladas em meio ao Complexo Embu,

na porção leste do Estado de São Paulo (Hasui *et al.*, 1981). Datações K/Ar indicam para essas rochas uma idade de 675 ± 41 Ma (Silva *et al.*, 1981)

Por sua vez, o Complexo Embu é composto por rochas migmatíticas homogêneas oftálmicas, nebulíticas e facoidais (Hasui *et al.*, 1981). Nota-se ainda a presença de núcleos paleossomáticos de dimensões variáveis (metabasitos irregulares) e também de natureza quartzítica e calcossilicática. Estudos radiométricos revelaram para elas uma idade em torno de 640 Ma (Schobbenhaus Filho, 1979 *apud* Hasui *et al.*, 1981).

3.2. Planície Costeira Cananéia-Iguape

O litoral sul do Estado de São Paulo é coberto pela planície Costeira Cananéia-Iguape (Foto 1), demarcada pela linha estrutural de Itatins, a NW do Complexo Cristalino da Serra do Mar, e pela Ilha do Cardoso, a SW (Suguio & Tessler, 1992).

Ela possui a forma de um extenso arco, com aproximadamente 40 km de extensão e 130 km de largura, delimitado por feições do embasamento cristalino que avançam no oceano, além de atingir área total de 2.500 km² (Suguio & Tessler, 1992).

A hidrografia da região é composta por rios de alto gradiente, a montante, e muito suaves na sua foz, junto à planície. Estes últimos sofrem influências marinhas que podem se estender a quilômetros da foz. A relação entre os rios e as oscilações das marés contribuiu para a formação dos ambientes de sedimentação atuais, para a influência da salinidade e para os processos hidrodinâmicos na região (Souza, 1995).

Com base nas interpretações granulométricas e mineralógicas e do conteúdo de fósseis em testemunhos de sondagens executadas em 1971, pelo antigo Instituto Geográfico e Geológico, a seqüência estratigráfica da planície foi estabelecida por Petri & Suguio (1971, 1973) e Suguio & Petri (1973). Assim, esses autores subdividiram o pacote sedimentar em quatro seqüências.

A seqüência I, denominada de Formação Pariquera-Açu (Silveira, 1950, 1952, *apud* Melo, 1990; Bigarella & Mousinho, 1965; Petri & Suguio, 1971, 1973; Suguio & Petri, 1973; Suguio & Martin, 1978; Poçano, 1981), reúne sedimentos continentais compostos por areias e areias conglomeráticas com níveis argilosos e dispostos na base de coluna sedimentar sobreposta ao embasamento. Sua espessura máxima

Foto 1 - Vista parcial da Planície de Cananéia-Iguape observada do Mirante do Cristo no Morro de Iguape.

Foto 2 - Depósito arenoso da Formação Cananéia aflorante na Ilha Comprida.

Foto 3 - Depósito arenoso da Formação Cananéia localizado na Estrada do Quaternário na Ilha de Cananéia.

chega a 118 m de profundidade (Souza, 1995). Estudos palinológicos revelaram uma idade pós-pliocênica e pré-holocênica, situada no limite plio-pleistoceno (Sundaram & Suguio, 1983).

A Formação Ilha Comprida, que corresponde às Seqüências II e III (Petri & Suguio, 1971, 1973; Suguio & Petri, 1973), é composta por dois pacotes principais. O inferior (Seqüência II) é formado por argilas silticas ricas em diatomáceas e pobres em foraminíferos, com o ambiente deposicional associado a águas salobras, como sugerido pela presença de diatomáceas, e de natureza marinho transicional, devido aos raros foraminíferos. O superior (Seqüência III) é constituído por areias silticas com abundante presença de foraminíferos, confirmando, assim, a sua origem marinha. Segundo Petri & Suguio (1971), essa formação possui caráter de transgressão marinha. Datações de radiocarbono e correlações Suguio & Petri (1973) atribuíram idade quaternária para o conjunto.

A Seqüência IV (Petri & Suguio, 1971, 1973; Suguio & Petri, 1973) é formada por areias finas bem selecionadas e friáveis (Fotos 2 e 3). Esta unidade possui pequena espessura (20-30 m) e ampla distribuição na planície (Souza, 1995). Tais sedimentos contribuem para a formação de praias modernas e dunas, bem como do material de fundos de rios e lagos. A origem dessas areias é marinha, face à presença de tubos fósseis de idade quaternária, esta determinada com base em datações de radiocarbono e correlações estratigráficas (Suguio & Petri, 1973).

Suguio & Petri (1973), Bigarella & Mousinho (1965) e Melo (1990) correlacionaram a Seqüência I à Formação Pariquera-Açu, de origem continental. Suguio & Petri (1973) e Suguio & Martin (1978) redefiniram a Formação Cananéia, que passaria a englobar as Seqüências II e III e envolver todo o pacote de sedimentos transgressivos. Por outro lado, Poçano (1981) reuniu as quatro seqüências no Grupo Mar Pequeno, este abrangendo as Formações Pariquera-Açu (origem continental basal), Ilha Comprida (intermediária) e Cananéia (marinha). Segundo Melo (1990), a Formação Pariquera-Açu representaria um episódio de sedimentação mais antigo com as Formações Ilha Comprida e Cananéia repousando sobre ela, uma vez que tratam de episódios recentes de transgressão e regressão distintos do anterior.

Quanto à sua origem, a Planície Costeira Cananéia-Iguape teria sido um golfo vinculado ao processo de recuo da Serra do Mar em direção ao interior, como proposto por Besnard (1950, *apud* Tessler, 1982) com base em evidências geomorfológicas. Por sua vez, Suguio & Martin (1978), Martin & Suguio (1978) e

Suguio & Tessler (1992) elaboraram um modelo evolutivo a partir de correlações espaciais e temporais extraídas da estratigrafia local para o litoral entre a Ilha do Cardoso e o Morro da Juréia, que engloba a área estudada neste trabalho. O desenvolvimento proposto para essa porção da planície é dividido em cinco etapas: a principal marcada pela transgressão Cananéia; a segunda pela regressão e deposição de cordões litorâneos; a seguinte pela erosão parcial dos depósitos marinhos; a quarta pela transgressão Santos (Holoceno) e a última pela regressão em direção ao nível atual. Souza *et al.* (1996) propuseram para a evolução da planície um modelo de sistemas de falhas, comumente de comportamento normal, com basculamento de blocos para NW, relacionados com reativações cenozóicas e configurando o Gráben de Cananéia.

4. GEOLOGIA LOCAL

As principais ocorrências de rochas ígneas de natureza alcalina e idade mesozóica que cortam o embasamento cristalino regional são as do Morro de São João (Foto 4), na porção meridional da Ilha de Cananéia, e do Morrete (Foto 5), na adjacente Ilha Comprida, e distante aproximadamente 940 m, a SE, da intrusão anterior (Figura 4). Em realidade, essas ocorrências deveriam fazer parte de um corpo maior, agora seccionado pelo canal referido como “Mar de Cananéia” (Foto 6).

A intrusão do Morro de São João corresponde a um *stock* de forma subcircular cobrindo área de 0,5 km². Seu eixo principal, orientado para NE, possui 840 m de comprimento e o corpo alcalino atinge cota máxima de 137 m. Ele encontra-se coberto por densa vegetação (Foto 7) e tem como principais elementos de delimitação, a E, o canal, e a W, uma estrada de terra que, circundando parcialmente o morro, leva à empresa de congelados Golfinho Azul. A amostragem foi efetuada junto à borda oriental do maciço, onde as rochas afloram comumente como matacões de dimensões métricas (Fotos 8 e 9), muitos deles exibindo esfoliação esferoidal (Foto 9). Na área costeira, os blocos estão mais expostos devido aos processos de abrasão (Foto 10), o mesmo não ocorrendo na região central, de acesso mais difícil e carente de exposições.

A intrusão é constituída predominantemente por rochas faneríticas de natureza sienítica, porém variedades de granulação fina (microsienitos) (Fotos 11 e 12) ou mesmo afaníticas (traquitos) aparecem na forma de pequenos diques (Fotos 13 e 14) ou veios de espessura centimétrica (Foto 15), em especial na região E e NW do maciço.

Como observado por Freitas (1947), o contato dos diques é muito irregular com interpenetração de uma rocha na outra, ora reconhecendo-se fragmentos de sienito dentro do tipo litológico mais fino (Foto 16), ora nítida injeção deste último na encaixante sienítica, indicando a possível presença de mais de uma geração de diques, como sugerido pelas Fotos 17, 18 e 19.

O corpo satélite de Morrete, na Ilha Comprida, também corresponde a um *stock*, este porém de dimensões mais modestas, com 0,1 km² de área e forma elíptica, com o eixo principal orientado na direção NW, e tendo como cota máxima 385 m. É de difícil acesso e também coberto por vegetação. Os afloramentos localizam-se principalmente nas bordas do morro e estão expostos como matacões de dimensões métricas (Foto 20). Predominam ali rochas intrusivas com

Foto 4 - Vista geral do Morro de São João e do porto de Cananéia. Ao fundo, à direita, vê-se parte do contorno da Ilha do Cardoso, constituída basicamente por rochas pré-cambrianas.

Foto 5 - Vista geral do Morrote, com o pequeno ancoradouro, ponto de embarque/desembarque do "ferry-boat", ocupando o centro da fotografia.

Foto 6 - Vista do canal conhecido como "Mar de Cananéia", que separa as duas ocorrências alcalinas: Morro de São João, à direita, Morrote, à esquerda. Ao fundo, à direita da fotografia, aparece parte da Ilha do Cardoso.

Foto 7 - Detalhe da vegetação cerrada cobrindo o Morro de São João e que termina abruptamente nos blocos costeiros.

Figura 4 - Mapa de localização com os pontos de amostragem das intrusões de Cananéia e Morrete, separadas pelo "Mar de Cananéia". Amostras de diques estão representadas por um quadrado azul.

Foto 8 - Matacões de dimensões métricas em uma clareira formada pela extração de palmito. Porção E do morro próxima à área costeira.

Foto 9 - Bloco com alteração esferoidal e coberto por líquen.

Foto 10 - Matacões expostos ao longo da área costeira.

Foto 11 - Amostra de granulação muito fina referente ao ponto CN-05 (Morro de São João).

Foto 12 - Amostra de granulação muito fina referente ao ponto CN-41c (Morro de São João).

Foto 13 - Dique vertical, de espessura decimétrica, constituído por rocha traquítica de coloração escura cortando a encaixante sienítica. Região costeira. Direção do dique: N40W/subvertical.

Foto 14 - Dique traquítico penetrando a encaixante sienítica de coloração mais rosada. Região costeira, bloco deslocado.

Foto 15 - Veio centimétrico de rocha afanítica penetrando a encaixante sienítica aflorante próximo à área costeira. Direção do veio: N35W/subvertical.

Foto 16 - Veio deformado de rocha afanítica, indicando movimento sinistral. A seta mostra um fragmento do sienito encaixante no interior do veio. Direção do veio: N45W/subvertical.

Foto 17 - Fragmentos de rocha afanítica, de coloração acinzentada, no interior da massa sienítica.

Foto 18 - Fragmento irregular de rocha afanítica, de coloração cinza, no interior da massa sienítica.

Foto 19 - Fragmento decimétrico de rocha afanítica, de coloração rosada, no interior da massa sienítica.

Foto 20 - Rochas do corpo satélite do Morrete aflorantes como matacões de dimensões métricas formando pequena gruta.

Foto 21 - Dique de rocha afanítica cortando as rochas sieníticas do Morrete; ambas litologias encontram-se totalmente alteradas. Direção do dique: N48E/subvertical.

Foto 22 - Veio de caráter pegmatóide de espessura centimétrica na encaixante sienítica. Direção do veio N60W/subvertical.

Foto 23 - Textura pegmatóide das rochas de Cananéia com cristais de feldspato alcalino com tamanho de até 2 cm.

características gerais muito similares às do corpo principal e que também se mostram cortadas por variedades de granulação mais fina ou mesmo afaníticas na forma de pequenos diques (Foto 21), e de granulação grossa como veios de espessura centimétrica (Foto 22).

O canal que separa as duas intrusões foi investigado por Suguio *et al.* (1987), por meio de perfilagens geofísicas, sendo que estas comprovaram a existência da “Laje do Argolão”, uma superfície de rocha contínua no canal lagunar interligando o Morro de São João (Cananéia) com o do Morrete (Ilha Comprida).

As juntas reconhecidas no Morro de São João e Morrete são subverticais e definem duas famílias, uma de direção WNW e outra orientada segundo NNE (Figuras 5A e 5B). O padrão estrutural do maciço de Cananéia analisado por Riccomini (1995) reconhece a vigência de duas fases de deformação: uma com extensão NE-SW e de idade cretácea superior (ligada à extensão do Alinhamento de Guapiara) e a segunda, NW-SE, de caráter transcorrente sinistral de direção E-W e idade paleogênica (relacionada à reativação de antigas zonas de cisalhamento do *Rift Continental* do Sudeste do Brasil) (Figura 6).

Figura 5 - A) Falhas (círculos máximos) e estrias (pontos) presentes no Morro de São João. As abreviações indicam o movimento relativo entre os blocos: ns, normal com componente sinistral; sn, sinistral com componente normal; rd, reversa com componente dextral; rs, reversa com componente sinistral; sr, sinistral com componente reversa; dn, dextral com componente normal. B) Pólos de juntas do maciço. Rede de Schimidt-Lambert, semi-esfera inferior. Extraído de Riccomini (1995).

Figura 6 - Modelo proposto, segundo Riccomini (1995), para o maciço de Cananéia: A - extensão NE-SW, com a intrusão dos diques de traquito (t) de direção NW-SE; B - extensão NW-SE e compressão NE-SW, com a colocação do dique de lamprófito (l) e fraturamento nos diques de traquito (f).

5. PETROGRAFIA

As rochas de Cananéia são constituídas essencialmente por litotipos saturados a supersaturados de composição sienítica. Os dados da Tabela 1 contêm as determinações modais de 11 amostras representativas de um total de 36 lâminas delgadas estudadas. No diagrama de classificação QAP de Streckeisen (1976), verifica-se que essas rochas correspondem a álcali feldspato sienitos e quartzo-álcali feldspato sienitos (Figura 7).

As rochas são leucocráticas, com índice de coloração variando de 4 a 22%, porém, abaixo de 10% na quase totalidade das amostras constantes da Tabela 1. Texturalmente, as variedades intrusivas são faneríticas de granulação média a grossa, assumindo ocasionalmente caráter pegmatóide (Foto 23) nas amostras encontradas na porção E e W da intrusão ou então naquelas presentes na forma de veios (Fotos 24, 25 e 26); em algumas amostras a textura é tipicamente porfírica (Foto 27). A coloração é na maioria das vezes acinzentada, tendo como tonalidades extremas o cinza claro e o escuro. Mais comumente esta última tonalidade é aparente, não refletindo necessariamente uma maior riqueza em minerais ferromagnesianos. O grau de alteração é variável, com as rochas de coloração mais clara mostrando-se em geral mais intemperizadas. Particularmente, as rochas do Morrete encontram-se em avançado grau de alteração.

Junto à litologia sienítica reconhece-se também a presença de pequenas manchas de granulação fina a muito fina, ricas em minerais ferromagnesianos, que são interpretadas como *schlieren* de constituição (Foto 28) e *schlieren* de injeção (Foto 29).

Tabela 1 – Contagem modal de amostras representativas das rochas alcalinas de Cananéia. Os valores são expressos em %; espaçamento 0,02 mm e média de 2.200 pontos.

	CN01/B2	CN04/C2	CN06/B2	CN07/C2	CN09/A2	CN10/C2	CN20	CN03	CN05	CN18	CN41c
Feld. alcalino	73,40	72,30	82,30	76,83	73,50	73,38	80,40	78,10	87,79	80,06	81,03
Plagioclásio	-	-	0,54	0,51	-	0,67	0,65	1,47	0,47	0,96	-
Quartzo	5,53	4,58	1,55	1,72	4,78	1,56	2,05	2,46	1,21	4,77	1,87
Olivina	0,84	0,76	-	-	0,90	0,08	-	0,80	0,61	0,70	-
Clinopiroxênio	5,45	5,57	2,63	2,50	4,68	3,36	2,57	14,17	8,93	12,24	15,97
Anfibólio	6,36	7,53	4,23	9,76	6,75	12,00	7,06	-	-	-	-
Biotita	7,79	8,49	7,05	6,82	7,46	6,85	5,42	-	-	-	0,04
Apatita	0,17	0,14	0,60	0,69	0,15	0,94	0,22	0,17	0,05	0,20	0,27
Titanita	0,08	0,07	0,10	0,10	0,07	-	0,10	0,10	0,04	0,16	-
Zircão	0,07	0,07	0,10	0,02	0,07	-	0,10	-	-	-	-
Opacos	0,31	0,49	0,90	0,97	1,64	1,16	1,13	2,73	0,90	0,91	0,82

Figura 7 - Diagrama ternário de classificação de rochas ígneas (QAP) segundo Streckeisen (1976). Os campos 1 e 2 correspondem, respectivamente, a álcali feldspato sienitos e quartzo-álcali feldspato sienitos. Círculos cheios representam as variedades intrusivas, enquanto que os vazios os tipos hipoabissais.

Foto 24 - Veio pegmatóide de espessura decimétrica na encaixante sienítica situado na área costeira; ambas litologias estão alteradas.

Foto 25 - Veios pegmatóides de natureza predominantemente feldspática, com raros minerais ferromagnesianos, penetrando o material sienítico de coloração mais escura.

Foto 26 - Microssienito com veio pegmatóide de espessura centimétrica. Amostra referente ao ponto CN-24 (Morro de São João).

Foto 27 - Amostra de rocha da fácies porfírica referente ao ponto CN-08 (porção E do corpo do Morrete).

Foto 28 - Concentração de minerais ferromagnesianos, de forma irregular (*schlieren* de constituição), no interior das rochas intrusivas do Morrete.

Foto 29 - Concentração de minerais ferromagnesianos na forma de veios (*schlieren* de injeção) cortando a massa sienítica.

5.1. Álcali feldspato sienitos

São rochas de estrutura maciça, faneríticas e de coloração cinza a cinza-esverdeada. Ao microscópio, exibem textura inequigranular, hipidiomórfica a xenomórfica e granulação variável de média (1,2 a 2,0 mm) a grossa (2,7 a 4,0 mm). Mineralogicamente, contêm feldspato alcalino, clinopiroxênio, anfibólio, biotita, quartzo, além de raros pseudomorfos de olivina; opacos e apatita constituem os principais acessórios.

Feldspato alcalino é o mineral mais abundante e ocorre como cristais hipidiomórficos a xenomórficos, com dimensões médias variando de 1,4 a 1,8 mm; ocasionalmente, eles podem atingir comprimento de até 4,0 mm. Geminação do tipo Carlsbad é comum. Os grãos exibem contato irregular a difuso e inclusões idiomórficas de clinopiroxênio, anfibólio, biotita, opacos e apatita. Outras feições observadas incluem alteração para minerais argilosos e fraturas preenchidas por sericita e carbonatos.

O processo de exsolução originou um complexo textural de mesopertitas em que é possível distinguir-se três fases: micropertítica a mesopertítica, albítica e potássica (Microfotografia 1). Estas duas últimas formam porções irregulares e dominam sobre a primeira.

A fase micropertítica a mesopertítica é caracterizada, dentro de um mesmo cristal, por um padrão de exsolução diverso, com micropertitas de lamelas albíticas muito finas ($<2\ \mu\text{m}$) a quase imperceptíveis, notadas apenas com aumento máximo, a mesopertitas com lamelas de até $10\ \mu\text{m}$ de largura. As lamelas finas estão desenvolvidas em maior número nas bordas dos grãos ou mesmo no seu interior. Com o aumento da frequência das lamelas, reconhece-se também outras maiores e mais sinuosas na forma de barras e interligadas, que se distribuem aleatoriamente no interior do mineral.

As outras duas fases, albítica e potássica, são produtos da desmisturação dos componentes alcalinos Ab-Or e formam porções irregulares e interpenetradas, dando ao feldspato um aspecto manchado sugestivo de origem deutérica. A disposição das lamelas é errática, localizando-se preferencialmente nas bordas dos minerais. A fase albítica ocupa, em geral, o interior dos cristais e muitas vezes se mostra límpida. Por outro lado, a fase potássica é turva e está presente nas porções mais externas do mineral.

Microfotografia 1 - Álcali feldspato sienito: estrutura mesoperfítica no cristal do centro. À direita, observa-se cristal de feldspato com as fases microperfítica, albítica e potássica. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 2 - Álcali feldspato sienito: aglomerado de plagioclásio reliquiar substituído parcialmente pelo processo de desmituração. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 3 - Álcali feldspato sienito: plagioclásio reliquiar no interior do feldspato alcalino repleto de inclusões de clinopiroxênio, anfibólio e biotita. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 4 - Álcali feldspato sienito: textura poiquilítica em magnesiohornblenda (hbl) com agregados reliquiais de clinopiroxênio (cpx) e inclusões de opacos e apatita (ap) idiomórfica. Polarizadores paralelos.

O plagioclásio é idiomórfico, com o eixo principal dos cristais possuindo até 2,2 mm de comprimento; no geral, predominam grãos com 0,3 a 0,9 mm. Também está presente como manchas reliquias no interior dos cristais de feldspato perítico evidenciando desmisturação parcial dos componentes Ab-Or (Microfotografia 2). Apresenta inclusões de clinopiroxênio, anfibólio e de biotita, bem como evidências reações de alteração secundária (saussuritização e caolinização) (Microfotografia 3). O quartzo é xenomórfico, com dimensões variáveis entre 0,4 e 0,9 mm. Possui bordas retilíneas a irregulares e ocorre preenchendo vazios intergranulares. As inclusões mais comuns são de anfibólio, biotita e apatita idiomórfica.

No grupo dos minerais máficos encontram-se intimamente associados clinopiroxênio, anfibólio, biotita e opacos. Opticamente, o clinopiroxênio é uma hedenbergita (cf. Morimoto, 1990), com pleocroísmo em Z = verde pálido, Y = verde-amarelado pálido e X = verde-azulado claro. Na análise por microsonda eletrônica verificou-se que os grãos são em sua maioria homogêneos, mas podem exibir bordas de cor verde mais intenso indicativas da transformação para augita. A augita é incolor a verde, com Z = verde oliva escuro, Y = verde-amarelado e X = verde. Há cristais em que a transformação para augita foi completa. A hedenbergita forma agregados reliquias no interior do anfibólio que não ultrapassam 0,7 mm de comprimento (Microfotografias 4 e 5), mas pode também ocorrer como cristais isolados preenchendo espaços intersticiais. Opacos e apatita idiomórficos estão inclusos nesse mineral.

O anfibólio é hipidiomórfico a xenomórfico e de tamanho variável, 0,4 a 1,4 mm, raramente formando grãos superiores a 4,0 mm de comprimento. Possui contatos retilíneos a irregulares e bordas associadas com biotita e opacos (Microfotografia 6). Ocorre isoladamente, preenchendo vazios intergranulares, ou mais comumente associado às bordas de hedenbergita reliquiar, chegando mesmo a englobar por completo esse mineral. É tipicamente um produto de transformação do clinopiroxênio, substituindo-o parcial ou totalmente. Na microsonda eletrônica, constatou-se que o anfibólio (cf. Leake, 1997) é uma magnesiohornblenda com núcleo de composição edenítica e bordas ricas em ferro (ferrohornblenda). Em alguns cristais, o núcleo é formado por barroisita enriquecida ou não em ferro. A magnesiohornblenda é pleocróica, com Z = verde oliva a verde-acastanhado escuro, Y = verde-acastanhado e X = marrom-esverdeado.

A biotita é hipidiomórfica, com o tamanho dos grãos variando de 0,7 a 1,8 mm, ocasionalmente chegando a 3,3 mm de comprimento. O pleocroísmo mostra Z

Microfotografia 5 - Álcali feldspato sienito: magnesiohornblenda com textura poiquilítica ou de emulsão com clinopiroxênio reliquiar e biotita associada às fraturas e bordas. Inclusões de apatita e opacos. Nota-se a presença de lamelas de opacos nos planos da clivagem da biotita. Polarizadores paralelos.

Microfotografia 6 - Álcali feldspato sienito: pseudomorfo de olivina no interior do clinopiroxênio com borda associada de magnesiohornblenda. Nota-se biotita associada às clivagens do anfibólio. Polarizadores paralelos.

Microfotografia 7 - Álcali feldspato sienito: pseudomorfo de olivina substituído por iddingsita(?) com bordas de magnesiohornblenda (verde oliva escuro) e biotita (vermelho-acastanhado escuro). Polarizadores paralelos.

Microfotografia 8 - Álcali feldspato sienito: quartzo (qtz) intersticial associado a magnesiohornblenda (hbl) com aspecto límpido. Polarizadores paralelos.

= verde castanho a vermelho-acastanhado escuro, Y = verde-amarelado a laranja-acastanhado e X = verde-acastanhado a laranja-amarelado. Encontra-se associada às bordas de grãos de anfibólio, bem como aparece na forma de lamelas inclusas no seu interior, seguindo ou não os planos de clivagem (Microfotografias 5 e 6). Ocorre ainda associada aos opacos, que se concentram nas bordas dos grãos ou ao longo dos planos de clivagem. Contém também inclusões de anfibólio e apatita.

Em algumas amostras deste litotipo nota-se a presença de pseudomorfos de olivina, esta agora representada por um mineral de coloração amarelada (iddingsita?), com dimensões de 0,5 a 3,0 mm, associado com anfibólio e biotita (Microfotografias 6 e 7).

O quartzo, sempre em pequena quantidade, é xenomórfico, com dimensões em torno de 0,9 mm e acha-se freqüentemente associado ao anfibólio. É de fácil identificação devido ao seu aspecto límpido (Microfotografia 8).

Os opacos correspondem a magnetitas titaníferas com lamelas exsolvidas de ilmenita. Apresentam-se como cristais idiomórficos e xenomórficos quando associados às clivagens da biotita. Ocorrem na forma de inclusões em feldspato e clinopiroxênio e parecem pertencer a duas gerações distintas.

5.2. Quartzo-álcali feldspato sienitos

Este litotipo é formado por rochas de estrutura maciça e, microscopicamente, de textura fanerítica inequigranular, hipidiomórfica a xenomórfica, e de granulação média (1,2 a 1,8 mm) a grossa (2,5 a 5,7 mm), podendo assumir localmente caráter pegmatóide (>1,5 cm). É de coloração cinza a cinza-esverdeado, além de composto por feldspato alcalino, clinopiroxênio, anfibólio, biotita, quartzo, olivina e acessórios (opacos, apatita, titanita e zircão) (Microfotografia 9).

O feldspato alcalino é o principal constituinte dessas rochas e forma cristais irregulares, ocasionalmente tabulares, com dimensões entre 0,6 a 5,0 mm ou mesmo superiores a 2,0 cm, no caso dos tipos pegmatíticos. Em geral, o mineral acha-se geminado segundo a lei de Carlsbad, observando-se ainda ocasionais cristais zonados com geminação do periclínio e albita (Microfotografias 10 e 11). As bordas de alguns cristais podem exibir uma textura eutética a proto-eutética, caracterizada pela cristalização simultânea com quartzo (Microfotografia 12). Esta feição é reconhecida tão somente em algumas amostras de rochas do Morrete (Ilha Comprida). Os grãos apresentam contato irregular a difuso e inclusões idiomórficas

Microfotografia 9 - Quartzo-álcali feldspato sienito: textura fanerítica média, inequigranular com cristais de katoforita com textura poiquilítica (à direita), olivina substituída por iddingsita(?) e quartzo intersticial de aspecto límpido. Polarizadores paralelos.

Microfotografia 10 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino com as fases pertítica (esquerda superior), albítica (turva) e potássica (límpida) e cristal idiomórfico zonado (centro). Polarizadores cruzados.

Microfotografia 11 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino apresentando geminação do periclínio associada à da albita. Inclusão de zircão (birrefringência azul) e titanita no feldspato com as fases pertítica e potássica. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 12 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino com intercrescimento de quartzo. Feição observada somente em amostras de rochas do Morrete (Ilha Comprida). Polarizadores cruzados.

de minerais máficos, opacos apatita, zircão e titanita. Por vezes, mostram evidências de alteração secundária para minerais argilosos (caolinita), além de fraturas preenchidas por sericita e carbonatos.

O processo de exsolução é muito semelhante ao anteriormente descrito para o caso dos álcali feldspato sienitos, distinguindo-se também três fase distintas: pertítica, albítica e potássica. A primeira é constituída por micropertitas de lamelas albíticas muito finas ($<2\ \mu\text{m}$) a finas ($10\ \mu\text{m}$), geralmente dispersas ao longo das bordas do hospedeiro potássico (Microfotografia 13). As demais fases formam porções irregulares e interpenetradas, dando ao mineral um aspecto manchado. A fase potássica localiza-se nas bordas, enquanto que a albítica junto à parte mais central dos grãos de feldspato e, ao contrário da anterior, tem aparência turva.

O quartzo é xenomórfico e ocupa vazios intergranulares, além de conter inclusões de máficos e de opacos. Aparece intercrescido com o feldspato alcalino (Microfotografia 12) e associado às bordas de anfibólio (Microfotografia 13).

Dentre os minerais máficos destaca-se o clinopiroxênio, que ocorre como cristais inequigranulares, em geral hipidiomórficos, e parcialmente alterados. Está sempre presente no interior do anfibólio como grãos reliquiais, mas por vezes pode aparecer de forma isolada (Microfotografia 14). Com auxílio da microsonda eletrônica verificou-se que ele é predominantemente de composição hedenbergítica à augítica. Em geral, os grãos são homogêneos, porém, alguns deles exibem zoneamento do tipo gradacional, com o núcleo composto por augita e as bordas por egirina-augita. Os dois primeiros são identificados pela coloração verde oliva a verde-amarelado a acastanhado em Z, verde-amarelado em Y e verde a verde-azulado pálido em X. O tipo mais rico no componente egirina-augita possui coloração verde a verde-azulado pálido em Z, verde-amarelado pálido em Y e verde-azulado a amarelado em X. O clinopiroxênio contém feldspato, apatita e opacos como inclusões.

O anfibólio representa a fase máfica mais abundante. Em geral, o mineral é xenomórfico, estando concentrado nas bordas dos cristais de clinopiroxênio e possui textura poiquilítica ou de emulsão; mais raramente mostra-se associado às bordas e às fraturas da olivina (Microfotografia 15). Por vezes, forma grãos isolados, com tamanho médio de $1,0\ \text{mm}$, que podem alcançar até $3,0\ \text{mm}$. Na microsonda eletrônica determinou-se que se trata de katoforita, com núcleos de composição richterítica, edenítica e taramítica enriquecidos em ferro. Opticamente, apresenta coloração marrom-esverdeado, verde-acastanhado escuro e verde oliva pálido,

Microfotografia 13 - Quartzo-álcali feldspato sienito: feldspato alcalino com estruturas de exsolução (fases pertítica, albítica - límpida, e potássica - turva). O quartzo ocorre preenchendo espaços intergranulares. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 14 - Quartzo-álcali feldspato sienito: magnesianhornblenda (hbl) associada às bordas de clinopiroxênio (cpx). Polarizadores cruzados.

Microfotografia 15 - Quartzo-álcali feldspato sienito: olivina (olv) substituída por clinopiroxênio (cpx) com bordas de magnesianhornblenda (hbl) e biotita (bio). Polarizadores paralelos.

Microfotografia 16 - Quartzo-álcali feldspato sienito: cristal de katoferita com cristais reliquias de clinopiroxênio e biotita associados às suas bordas. Na biotita, nota-se halo pleocróico causado pela inclusão de zircão. Polarizadores paralelos.

respectivamente, em Z, Y e X. Nas rochas do Morrete, a katoforita é mais magnesianas, com os núcleos dos cristais formados por ferrowinchita e as bordas por ferrobarroisita.

A biotita aparece como cristais irregulares ou placóides, de ocorrência isolada ou então associada às bordas e fraturas de anfibólio e olivina; ocasionalmente, forma uma coroa nos opacos. Possui coloração laranja claro a intenso, laranja-acastanhado a verde-acastanhado e marrom-avermelhado, respectivamente, em Z, Y e X. Comumente, contém inclusões de opacos, apatita e zircão (Microfotografia 16).

A olivina está presente em pequena concentração. Ocorre como cristais arredondados hipidiomórficos, com granulação de 0,4 mm, e muitas vezes alterados para iddingsita(?) ou parcial a totalmente substituídos por clinopiroxênio e anfibólio (Microfotografias 15 e 17).

Apatita é sempre idiomórfica, de hábito prismático e com dimensões não superiores a 0,4 mm. Ocorre na forma de inclusões nos minerais principais, mas também está presente como grãos isolados.

Ainda na condição de acessórios distinguem-se titanita, zircão e opacos (magnetita titanífera e ilmenita). Eles mostram tendência ao idiomorfismo e constituem grãos isolados ou então aparecem associados a outros minerais, notadamente as fases máficas acima. Lamelas finíssimas de ilmenita são comuns na magnetita titanífera, mas em alguns casos registra-se também a presença de cristais homogêneos de ilmenita.

5.3. Quartzo-álcali feldspato sienitos porfiríticos

Este litotipo é formado por rochas de estrutura maciça, textura porfirítica e matriz fanerítica fina; a cor é cinza a cinza-esverdeado. Ao microscópio, essas rochas exibem também textura traquítica, com a matriz de granulação variável, 0,1 a 0,3 mm, mostrando-se orientada face à disposição dos cristais tabulares de feldspato. Anfibólio é o principal máfico, biotita ocorre raramente, enquanto que clinopiroxênio e olivina não foram identificados. Opacos, titanita, zircão e apatita são as fases acessórias.

Os fenocristais de feldspato alcalino são idiomórficos, com eixo principal entre 0,7 a 1,0 mm e razão comprimento/largura média de 6:1. A maioria desses cristais exhibe intercrescimento micropertítico, que ocupa toda a extensão do cristal, limita-se

Microfotografia 17 - Quartz-álcali feldspato sienito: olivina com magnesiohornblenda e biotita associada às bordas e fraturas. Polarizadores paralelos.

Microfotografia 18 - Quartz-álcali feldspato sienito porfirítico: fenocristal de feldspato alcalino zonado com porções períticas e homogêneas. Os fenocristais menores são totalmente mesoperíticos. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 19 - Quartz-álcali feldspato sienito porfirítico: fenocristal de feldspato alcalino zonado apresentando fase mesoperitita no centro e albítica na borda do cristal. No canto direito superior, observam-se cristais de feldspato com borda peritítica e centro mais homogêneo (fase albítica). Polarizadores cruzados.

Microfotografia 20 - Quartz-álcali feldspato sienito porfirítico: agregado de ilmenita com biotita nas bordas. Polarizadores paralelos.

apenas às suas bordas ou ainda concentra-se nas partes centrais. Estas últimas áreas, quando analisadas com objetiva de maior aumento, permitem reconhecer microlamelas de distribuição regular. Por outro lado, tão somente nos fenocristais menores reconhece-se textura mesoperfítica na quase totalidade do grão (Microfotografias 18 e 19). Os fenocristais possuem geminação do tipo Carlsbad, bem como se mostram zonados com inclusões de anfibólio, biotita e opacos. Alteram-se secundariamente em argilominerais e têm suas fraturas preenchidas por sericita, caolinita e carbonatos.

O feldspato da matriz é hipidiomórfico a xenomórfico, com cristais apresentando comprimento variado, 0,1 a 0,3 mm, ocasionalmente alcançando 0,4 mm. Exibe bordas serrilhadas e, mais raramente, encontra-se geminado segundo a lei de Carlsbad. Tem como inclusões anfibólio, biotita e opacos. Por vezes, aparece sericitizado e caolinizado.

O quartzo é xenomórfico, de tamanho inferior a 0,2 mm, e ocorre preenchendo espaços intersticiais da matriz.

O anfibólio é a fase máfica mais abundante. Em geral, está presente como cristais hipidiomórficos e xenomórficos que se dispõem em agregados intersticiais. Por vezes, forma grãos isolados, com tamanho médio de 0,5 mm, que podem alcançar até 3,0 mm. Na microsonda eletrônica, verificou-se que a fase corresponde a uma magnesiokatoforita podendo conter núcleos formados por ferrowinchita e bordas por ferrobarroisita. Opticamente, exibe coloração marrom-esverdeado, verde-acastanhado escuro e verde oliva pálido, respectivamente, em Z, Y e X.

A biotita é rara e aparece como grãos irregulares ou placóides, isoladamente ou associadas às bordas do anfibólio e dos opacos, ou ainda como inclusões nos minerais principais. Possui coloração laranja claro, laranja-acastanhado a verde-acastanhado e marrom-avermelhado, respectivamente, em Z, Y e X.

Os opacos são idiomórficos e estão presentes na forma de agregados, como inclusões nos constituintes principais ou ainda concentrados junto às bordas de cristais de anfibólio. Muitas vezes os agregados se mostram circundados por grãos de biotita (Microfotografia 20). A fase dominante é uma magnetita titanífera contendo finas lamelas de ilmenita; este mineral aparece também como cristais de composição homogênea.

Apatita é idiomórfica, prismática e com dimensões não superiores a 0,4 mm. Ocorre na forma de inclusões nos minerais principais, mas também como grãos isolados próximos ao fenocristais de feldspato alcalino.

Ainda na condição de acessórios, reconhecem-se titanita e zircão. Eles mostram tendência ao idiomorfismo e formam grãos isolados ou então ocorrem como inclusões nas fases félsicas e máficas acima.

5.4. Microssienitos com textura em mosaico

São rochas de estrutura maciça, granulação fina, hipidiomórfica a alotriomórfica e de coloração cinza claro a escuro. Ao microscópio, exibem textura do tipo mosaico definida pelo arranjo dos cristais de feldspato alcalino, o seu mineral mais abundante (Microfotografia 21). É possível também notar que os minerais estão discretamente orientados (Microfotografia 22).

O feldspato alcalino ocorre como cristais hipidiomórficos a xenomórficos e tamanho variando de 0,1 a 0,4 mm de comprimento; eventuais grãos podem atingir até 0,7 mm, enquanto que raros megacristais medem 3,0 mm. Forma cristais "homogêneos" embora seja mais comum a ocorrência de fases mesopertíticas, mostrando ou não geminação Carlsbad. As bordas do mineral são retilíneas a indefinidas, quando em contato com outros cristais vizinhos (Microfotografia 21). As estruturas de exsolução são bem semelhantes às descritas nos álcali feldspato sienitos e quartzo-álcali feldspato sienitos, sendo possível reconhecer três fases distintas: micropertítica a mesopertítica, albítica e potássica, as duas últimas mais abundantes.

A fase micropertítica a mesopertítica caracteriza-se por mostrar exsoluções que variam de micropertitas, de aparência homogênea e com lamelas muito finas ($<2\ \mu\text{m}$), estas observadas somente com polarizadores cruzados e objetiva de maior aumento, a mesopertitas com lamelas de até $10\ \mu\text{m}$.

As fases albítica e potássica, produtos da desmisturação dos componentes alcalinos Ab-Or, constituem as porções mais irregulares da exsolução das pertitas, evidenciando com isso uma origem deutérica. Podem distribuir-se de maneira aleatória ou concentrar-se nas margens dos grãos. A fase albítica ocupa principalmente as porções mais externas do cristal e apresenta-se límpida; já a fase potássica situa-se, na maioria das vezes, junto às porções mais internas do mineral e possui aspecto mais turvo.

Microfotografia 21 - Microssienito com textura em mosaico: feldspato alcalino, quartzo e clinopiroxênio correspondem às principais fases minerais presentes. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 22 - Microssienito com textura em mosaico: cristais de feldspato alcalino, clinopiroxênio e quartzo dispostos seguindo discreta orientação; ve-se também raro megacristal de feldspato alcalino. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 23 - Microssienito com textura em mosaico: feldspato alcalino apresentando microestruturas de intercrescimento pertítico (fases pertítica, albítica e potássica), clinopiroxênio hipidiomórfico, além de quartzo e opacos intersticiais. Polarizadores paralelos.

Microfotografia 24 - Microssienito com textura em mosaico: feldspato alcalino com microestrutura de exsolução (cristais mais claros de fase albítica), clinopiroxênio (cpx) como grãos hipidiomórficos isolados e presentes na borda do cristal de olivina (olv). O quartzo é intergranular e apresenta aspecto mais límpido. Polarizadores paralelos.

O plagioclásio, presente em pequena concentração, é xenomórfico e de dimensões variando entre 0,1 e 0,2 mm. Contém inclusões de clinopiroxênio e apatita e exibe evidências de alteração secundária (saussuritização e caolinização).

O quartzo também é xenomórfico, porém pouco mais abundante em relação ao plagioclásio. Forma cristais com dimensões entre 0,1 e 0,7 mm que ocupam vazios intersticiais (Microfotografia 23).

Dentre os minerais máficos, a augita e egirina-augita ocorrem como cristais hipidiomórficos a xenomórficos, com dimensões variáveis entre 0,1 e 0,4 mm. Algumas vezes, o mineral está associado às bordas de olivina (Microfotografia 24). É pleocróico com Z = verde garrafa, Y = verde-amarelado claro a verde e X = verde claro a verde.

A olivina é outro máfico presente na litologia, porém sempre em pequena quantidade. Aparece como cristais hipidiomórficos atingindo granulação de até 0,4 mm (Microfotografia 24).

Opacos, apatita e sulfetos são os principais acessórios. Os opacos estão presentes como cristais hipidiomórficos a xenomórficos, isolados ou formando agregados próximos aos grãos de clinopiroxênio, preenchendo vazios intergranulares ou ainda como inclusões dos minerais principais (Microfotografia 23).

A apatita, de hábito acicular, ocorre como inclusões nos grãos de feldspato e de clinopiroxênio, enquanto que a pirita é xenomórfica, preenchendo espaços intersticiais. Às vezes, encontra-se englobando parcialmente os cristais de feldspato alcalino.

5.5. Microssienitos porfiríticos com textura traquítica

Este litotipo apresenta estrutura maciça e textura porfirítica, com fenocristais de feldspato alcalino de até 1,00 cm de comprimento imersos em matriz de granulação fina a muito fina. A coloração é comumente cinza-esverdeado escuro. Ao microscópio, essas rochas exibem arranjo traquítico dado pela orientação dos cristais tabulares de feldspato alcalino e dos prismas de clinopiroxênio (Microfotografia 25). A matriz pode exibir orientação diferente quando em contato com os fenocristais de feldspato alcalino (Microfotografia 26). Ela é composta por feldspato micropertítico e quartzo intergranular, este último em menor quantidade. O feldspato possui hábito tabular, com os cristais se mostrando idiomórficos a xenomórficos e de dimensões variadas, 0,2 a 0,4 mm, além de geminados segundo

Microfotografia 25 - Microssienito com textura traquítica porfírica: matriz formada por cristais de feldspato alcalino e clinopiroxênio prismáticos orientados caracterizando uma textura de fluxo. Próximo ao fenocristal de feldspato, a matriz apresenta-se pouco orientada. Polarizadores paralelos.

Microfotografia 26 - Microssienito com textura traquítica porfírica: matriz composta por cristais de feldspato alcalino e ripas de clinopiroxênio. A matriz assume orientação diversa quando em contato com o fenocristal de feldspato alcalino. Este apresenta borda perítica e núcleo homogêneo. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 27 - Microssienito com textura traquítica porfírica: feldspato alcalino e clinopiroxênio primário formando a matriz. No centro, fenocristal de plagioclásio xenomórfico exibe bordas de reação (albita), inclusão de clinopiroxênio e alterações secundárias. Polarizadores cruzados.

Microfotografia 28 - Microssienito com textura traquítica porfírica: cristais prismáticos de clinopiroxênio. À esquerda, observa-se uma porção mais límpida constituída por quartzo com inclusões de clinopiroxênio. Polarizadores paralelos.

a lei de Carlsbad. Contém inclusões de anfibólio, biotita e opacos, bem como evidências de sericitização e caolinização.

Os fenocristais de feldspato alcalino são pertíticos, de hábito tabular e idiomórficos, com o eixo principal atingindo 0,7 a 1,0 mm de comprimento e eventualmente 13,0 mm. A razão comprimento/largura média é de 6: 1. A maioria dos fenocristais possui estrutura mesopertítica que ocupa a quase totalidade do grão ou apenas as suas bordas. Reconhecem-se também núcleos de aspecto pertítico e homogêneos (Microfotografia 26), mas que são em realidade constituídos por finíssimas lamelas regularmente distribuídas. Os fenocristais contêm inclusões de anfibólio, biotita e opacos, bem como exibem evidências de alteração secundária e fraturas preenchidas por sericita, caolinita e carbonatos. Em uma lâmina foi observado fenocristal de plagioclásio, xenomórfico, com 1,8 mm de comprimento e apresentando bordas de reação, inclusões de clinopiroxênio e fraturas com carbonatos (Microfotografia 27).

O clinopiroxênio pertence à série egirina-augita, tem tamanho inferior à do feldspato e ocorre como cristais prismáticos idiomórficos a xenomórficos (Microfotografia 28), ou então reunido em agregados intersticiais. Ele é pleocróico, com coloração verde esmeralda em Z e verde claro em X.

A biotita é rara e, quando presente, está associada às bordas do clinopiroxênio ou aparece como inclusões nos minerais principais. Opacos idiomórficos e apatita de hábito acicular correspondem às fases acessórias.

5.6. Seqüência de cristalização

A seqüência de cristalização dos minerais das rochas alcalinas de Cananéia iniciou-se pelos acessórios (apatita, opacos e titanita), seguindo-se os máficos. As relações texturais indicam que a biotita formou-se posteriormente ao anfibólio e este ao clinopiroxênio. Uma segunda geração de opacos é visivelmente posterior à biotita, dispondo-se em especial ao longo dos seus planos de clivagem. Por outro lado, não é possível concluir se a formação da olivina (reliquiar) foi concomitante ou não ao clinopiroxênio. A cristalização dos félsicos (feldspato alcalino e plagioclásio) se deu logo depois dos máficos. Nas rochas caracteristicamente porfiríticas, contudo, os fenocristais de feldspato alcalino são de cristalização precoce, antecedendo a formação dos ferromagnesianos. Por último, segregou-se o quartzo, ocupando invariavelmente os interstícios dos demais minerais da rocha.

Os processos de alteração tardi e pós-magmática parecem explicar as texturas de substituição encontradas nos principais minerais primários, assim como as estruturas de exsolução presentes no feldspato e a uralitização do clinopiroxênio.

6. GEOQUÍMICA

Amostras representativas dos tipos litológicos presentes não apresentando quaisquer feições de alteração intempérica foram empregadas para fins geoquímicos. As análises foram realizadas junto aos laboratórios da Universidade de Trieste, Itália. Os dados obtidos (32 análises, sendo 28 relativas a amostras da intrusão do Morro de São João e 4 à ocorrência satélite do Morrete) para elementos maiores, menores e Terras Raras acham-se reunidos na Tabela 2, com os primeiros expressos em % e os demais em ppm. Com o objetivo de caracterizar geoquimicamente essas rochas, os dados foram tratados em diversos diagramas de variação de forma a melhor entender a sua origem e evolução.

A Tabela 2 demonstra que as rochas de Cananéia são pobres em Mg, Mn, Cr e Ni, contêm altos teores em álcalis e concentrações variadas em Ti, Al, Fe e outros elementos. O exame dos dados normativos permite realçar a natureza predominantemente saturada a supersaturada dessas litologias, com o teor de quartzo oscilando de 0 a 20%. A afinidade alcalina se manifesta principalmente na presença normativa de ortoclásio e do componente albitico do plagioclásio, alcançando valores máximos, respectivamente, de 32,73% e 61,56% (Tabela 2). Apenas a amostra 32 (CN-09/A2) apresenta caráter ligeiramente insaturado, isto é, ausência de quartzo e presença de nefelina normativa em pequena quantidade (2,21%).

Adotado o esquema classificatório empregado por Comin-Chiaramonti & Gomes (1996) para as rochas alcalinas mesozóicas da porção centro-oriental do Paraguai onde se distinguem, com base nos teores de K_2O e Na_2O , os tipos fortemente potássicos ($K_2O/Na_2O > 2$), potássicos ($1 < K_2O/Na_2O \leq 2$), transicionais ($Na_2O - 2 < K_2O$, $K_2O/Na_2O \leq 1$) e sódicos ($Na_2O - 2 \geq K_2O$), verifica-se que a quase totalidade das rochas de Cananéia está concentrada no campo correspondente às variedades transicionais (Figura 8). Cinco amostras (6. CN-03, 17. CN-04/B2, 11. CN-05, 1. CN-18, 13. CN-41c) situam-se no limite dos campos reunindo as transicionais e as sódicas, além de uma única amostra (3. CN-24) no campo das sódicas. Utilizando-se os valores distintivos de Le Maitre (1989) para os tipos sódicos ($Na_2O - 2 \geq K_2O$) e potássicos ($Na_2O \leq K_2O$), tem-se que, à exceção da amostra referida acima, as demais são classificadas como potássicas. Essa afinidade potássica acha-se também evidenciada no diagrama da Figura 9 (Middlemost, 1975).

Figura 8 - Diagrama classificatório para o índice de alcalinidade das rochas de Cananéia segundo os campos definidos por Comin-Chiaramonti & Gomes (1996). As intrusivas do Morro de São João estão representadas por círculos azuis (●), enquanto que as hipoabissais por quadrados azuis (■); já as intrusivas do Morrete (Ilha Comprida) estão indicadas por círculos verdes (●).

Figura 9 - Gráfico relacionando os teores de K_2O e Na_2O (Middlemost, 1975) para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.

Os valores listados na Tabela 2 para o índice agpaítico (K_2O+Na_2O/Al_2O_3 , proporção molecular) são sempre inferiores a 1 (0,74-0,99), o que possibilita incluir essas rochas no campo das miasquíticas (Gerasimovskii, 1956; Sørensen, 1960), fato também confirmado por outras características químicas e pela assembléia mineralógica, onde não se registra a presença de minerais exóticos (por exemplo, eudialita, catapleiita, sinkita, lavenita, enigmatita) típicos de litologias agpaíticas (Sørensen, 1960).

O gráfico da Figura 10 (De La Roche *et al.*, 1980; De La Roche, 1986), de caráter eminentemente classificatório, coloca as amostras estudadas no campo dos sienitos, com pequena incursão no dos quartzos sienitos; duas amostras caem no campo dos quartzos monzonitos e uma no dos granitos alcalinos. Essas informações guardam correspondência com as observações microscópicas tanto para as rochas do Morro de São João como para as do Morrete.

O diagrama R1-R2 (Figura 10) e a Tabela 2, evidenciam que as rochas de Cananéia têm grau de saturação em sílica variado, sendo em geral ligeiramente saturadas (quartzos sienitos, quartzos monzonitos e traquitos) a supersaturadas (granitos alcalinos e riólitos).

As análises químicas indicam também o seu alto grau de evolução, com os valores para o índice de diferenciação ($I.D.=Q+Or+Ab+Ne+Ks+Lc$) de Thornton & Tuttle (1960) compreendidos no intervalo de 71-95% (Tabela 2). O pronunciado enriquecimento em álcalis e o concomitante empobrecimento em ferro e magnésio dessas rochas é também sugerido por sua mineralogia, onde os feldspatos aparecem como fase dominante. Adicionalmente, esse caráter evoluído é demonstrado pelos teores muito baixos da razão $MgO/MgO+FeO$ (mg# inferior a 0,30) e pelas baixas concentrações em Cr e Ni. No conjunto, as rochas de Cananéia exibem uma variação química contínua dominada pelos álcalis, a indicar que processos de cristalização fracionada exerceram papel importante na sua formação.

Diagramas de Harker, aqui utilizados pelo fato de as rochas de Cananéia serem constituídas predominantemente por minerais félsicos, procuram relacionar os teores de elementos maiores e menores com a concentração de sílica (Figuras 11, 12 e 13). Correlações positivas são apontadas para Al_2O_3 , Na_2O e K_2O a despeito da grande dispersão dos pontos para as rochas com valores de SiO_2 superiores a 66, aqui incluídas as amostras de diques do Morro de São João e as intrusivas do Morrete. Tendência análoga é sugerida para os traços Rb, Nb, Zr, La, Ce e Nd, sendo igualmente válidas as restrições mencionadas. Por outro lado, correlações

Série saturada

- quartzo sienito (Morro de São João)
- quartzo sienito (Morrete)
- quartzo monzonito (Morro de São João)
- traquito (Morro de São João)

Série supersaturada

- granito alcalino (Morrete)
- riólito (Morro de São João)

Figura 10 - Diagrama R1-R2 ($R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$; $R2 = 6Ca - 2Mg + Al$; cf. De La Roche *et al.*, 1980; De La Roche, 1986) para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.

Figura 11 - Diagramas relacionando os elementos maiores com a concentração de sílica para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.

Figura 12 - Diagramas relacionando os elementos menores Cr, Ni, Sr, Rb, Nb e Zr com a concentração de sílica para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.

Figura 13 - Diagramas relacionando os elementos menores Y, Ba, La, Ce e Nd com a concentração de sílica para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 8.

negativas são claramente mostradas para TiO_2 , FeO_T , MnO , MgO , CaO e P_2O_5 , bem como para os traços Cr, Ni, Sr e Ba. Aqui também é possível distinguir-se a disposição diferenciada das variedades hipoabissais e das intrusivas do Morrete.

A análise conjunta dos dados indica maior dispersão dos traços quando comparados aos maiores e, ainda mais, que as rochas menos ricas em sílica tendem a se agrupar de forma diferenciada das mais enriquecidas. Nas figuras citadas, merece também registro a posição isolada da amostra 32 (Tabela 2), um sienito do Morro de São João, apresentando teores muito discrepantes seja para os maiores como também para os traços em relação às demais rochas de Cananéia.

Quando olhadas no seu todo, as variações químicas assinaladas são indicativas de que processos de cristalização fracionada tiveram papel atuante na formação dessas rochas, como evidenciando pela mineralogia presente, notadamente a grande riqueza em constituintes félsicos.

O comportamento dos elementos incompatíveis normalizados para o manto primitivo (Sun & McDonough, 1989), como ilustrado na Figura 14, mostra pronunciada anomalia negativa em Sr e Ti, e também em Ba para grande número de amostras. Zr exibe visível anomalia positiva, enquanto que no La ela se apresenta mais discreta. No geral, a distribuição observada é comum a outras ocorrências brasileiras não-carbonatíticas portadoras de rochas evoluídas, como demonstrado em Morbidelli *et al.* (1995, Figura 15).

A distribuição dos elementos Terras Raras normalizados para condritos (Boynton, 1984) se caracteriza pelo fracionamento das TRL ($\text{La} = 26$ a 217 ppm) em relação às TRP ($\text{Lu} = <1$ a 2 ppm), típico de séries alcalinas em geral, além da presença de anomalia negativa em Eu, provavelmente associada à cristalização de feldspato (Figura 16).

Figura 14 - Diagramas do tipo *spider* para elementos incompatíveis normalizados para o manto primitivo (Sun & McDough, 1989). No primeiro gráfico estão projetados os pontos referentes às rochas intrusivas do Morro de São João e do Morrete. Já o segundo contém os campos de distribuição dessas rochas, em tons de cinza, e os pontos relativos às hipoabissais do Morro de São João.

■ províncias alcalinas brasileiras (Morbidei *et al.*, 1995)

□ rochas intrusivas (Morrete)

▨ rochas intrusivas (Morro de São João)

□ rochas hipoabissais (Morro de São João)

Figura 15 - Diagramas do tipo *spider* mostrando os campos de variação para os elementos incompatíveis normalizados segundo o manto primitivo (Wood *et al.*, 1979) relativos às províncias não-carbonatíticas brasileiras e às rochas de Cananéia. Extraído e modificado de Morbidelli *et al.* (1995).

Figura 16 - Diagramas de elementos Terras Raras normalizados para condritos (Boynton, 1984) para as rochas intrusivas e hipoabissais do Morro de São João.

7. QUÍMICA MINERAL

7.1. Feldspatos

As 161 análises químicas de feldspato alcalino e de plagioclásio de todas as variedades de rochas de Cananéia estão reunidas nas Tabelas 3 a 7. Nelas encontram-se também a fórmula estrutural, calculada na base de 32 átomos de oxigênio, e as proporções moleculares dos componentes Ab (albita), An (anortita) e Or (ortoclásio). As análises foram projetadas em diagramas ternários com os componentes moleculares expressos como Ab ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), An ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) e Or (KAlSi_3O_8).

Os feldspatos alcalinos apresentam lamelas de exsolução com formas as variadas, que se compõem, em sua maioria, de três fases opticamente distintas: uma micropertítica a mesopertítica, uma albítica e outra potássica. A primeira é caracterizada por micropertitas com lamelas albíticas, quase imperceptíveis a muito finas ($<2 \mu\text{m}$), a mesopertitas com lamelas de até $10 \mu\text{m}$ de largura. As fases albítica e potássica representam produtos da desmisturação dos componentes Ab-Or e formam porções irregulares e lamelas interpenetradas, dando aos cristais aspecto sugestivo de origem deutérica. A disposição dessas lamelas é aleatória, ocupando preferencialmente as bordas dos minerais; nos casos em que a exsolução se deu por completo elas são pouco notadas. Com base na natureza do feldspato tem-se que a maioria dos litotipos é considerada *hipersolvus*, pois apresenta apenas a fase pertítica, contudo, alguns deles possuem dois tipos de fase, a pertítica e albítica, enquadrando-se assim como *subsolvus*.

Os feldspatos dos diversos litotipos exibem ampla variação composicional, indo de ortoclásio puro até albita pura (Figuras 17A, 17C, 17D, 17E, 17F), e chegam a atingir o campo do oligoclásio no caso dos minerais dos álcali feldspato sienitos.

Os cristais hospedeiros da pertita têm composição Or_{96-60} e os hóspedes Ab_{95-74} . Algumas análises da fase exsolvida apresentam teores de Or e Ab inferiores a esse intervalo (até Or_{55} e Ab_{56}). Isto se deve a problemas decorrentes da interação do feixe eletrônico com as duas fases, levando à análise simultânea de hóspede e hospedeiro. Problema semelhante é reconhecido nas análises das fases albítica e potássica, onde as lamelas de exsolução estão presentes em dimensões submicroscópicas.

Figura 17 - Variação composicional dos feldspatos alcalinos (A, C, D, E, F) e plagioclásios (B), expressa em proporções moleculares de Ab-Or-An, para as rochas de Cananéia. Legenda: azul: Morro de São João (Cananéia); verde: Morrete (Ilha Comprida); álcali feldspato sienitos (◆) centro, (◇) borda, (◈) região intermediária; quartzo-álcali feldspato sienitos (●) centro, (○) borda, (◐) região intermediária; quartzo-álcali feldspato sienitos porfíricos (●) centro, (○) borda, (◐) região intermediária; microssienitos com textura em mosaico e microssienitos porfíricos com textura traquítica (■) centro, (□) borda, (◼) região intermediária.

A variação composicional do centro para a borda dos cristais é pouco significativa, mas, quando presente, nota-se, em geral, aumento do componente Or nas porções mais externas do mineral. Zoneamento inverso, com bordas mais enriquecidas em Ab, também ocorrem, como no caso dos fenocristais dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morrete.

Quimicamente, os feldspatos alcalinos contêm Ca (até 0,805 a.f.u.), além de traços de Mn (até 0,011 a.f.u.), Ba (até 0,045 a.f.u.) e Cl (até 0,011 a.f.u.). Fe^{3+} (até 0,550 a.f.u.) e Ti (até 0,025 a.f.u.) substituem o Al completando o sítio tetraédrico.

Os plagioclásios estão presentes nos álcali feldspato sienitos (Figura 17B) e comumente mostram geminação albita, combinada com a do periclínio e Carlsbad. São pouco zonados e têm composição labradorítica ($\text{Ab}_{44-45}\text{An}_{56-54}$).

7.2. Clinopiroxênios

Foram realizadas 82 análises pontuais em clinopiroxênios das rochas de Cananéia. Os dados analíticos estão reunidos nas Tabelas 8 a 11, juntamente com a fórmula estrutural calculada na base de 6 átomos de oxigênio e a porcentagem dos componentes moleculares.

A fórmula química geral do mineral, seguindo as recomendações de Morimoto (1990), pode ser expressa como $M2M1T_2O_6$, onde M2 corresponde aos cátions de coordenação octaédrica, geralmente distorcida; M1 aos cátions de coordenação octaédrica regular; e T aos cátions de coordenação tetraédrica.

A proporção de Fe^{3+}/Fe^{2+} foi calculada a partir da fórmula de Droop (1987), definida por $F = 2X(1-T/S)$, onde F é o número de íons Fe^{3+} presentes por X átomos de oxigênio na fórmula do mineral; T é o número ideal de cátions por unidade de fórmula e S o total de cátions observados por X átomos de oxigênio. Esse cálculo somente pode ser utilizado respeitadas as seguintes premissas: ferro é o único elemento presente com diferentes valências, oxigênio é o único ânion e inexistência de sítios estruturais vagos ou com proporção de elemento não analisado.

A distribuição dos componentes moleculares em membros finais seguiu a metodologia de Cawthorn & Collerson (1974), em que eles são calculados na seguinte ordem: Jd, jadeíta ($NaAlSi_2O_6$); Ae, egrina ($Na,K,Fe^{3+}Cr,Si_2O_6$); Es, essenita ($CaFe^{3+}Al^{IV}SiO_6$); CaTiTS, cálcio-titano tshermakita ($CaAl^{VI}Al^{IV}SiO_6$); CaTS, cálcio-tshermakita, Wo, wollastonita ($Ca_2Si_2O_6$); En, enstatita ($Mg_2Si_2O_6$) e Fs, ferrossilita ($Fe^{2+}_2Si_2O_6$). Alguns autores questionam o cálculo do componente Jd antes de Ae, que resulta na impossibilidade da coexistência das moléculas Ae e CaTS.

A classificação obedeceu às recomendações da IMA, International Mineralogical Association Morimoto (1990), inclusive quanto ao emprego dos adjetivos modificadores para expressar quantidades de cátions incomuns.

Na Figura 18A observa-se que a maioria das análises de clinopiroxênios acha-se projetada no campo referente ao Quad (piroxênios cálcicos), com leve tendência para o dos sódico-cálcicos, totalizando oito pontos, e sendo que apenas três análises localizam-se próximas ao limite do campo dos sódicos.

Ainda de acordo com Morimoto (1990), quando mostrados graficamente no diagrama ternário En-Fs-Wo (Figura 18B), os clinopiroxênios Quad são em sua maior parte de composição cálcica (hedenbergita, augita e subordinamente

Figura 18 - A) Diagrama de classificação para clinopiroxênios segundo Morimoto (1990), onde $Q = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}_{2+}$ e $J = 2\text{Na}$. O gráfico define os quatro grupos de clinopiroxênio: os do quadrilátero $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6(\text{En}) - \text{Fe}^{2+}\text{Si}_2\text{O}_6(\text{Fs}) - \text{CaMgSi}_2\text{O}_6(\text{Di}) - \text{CaFe}^{2+}\text{Si}_2\text{O}_6(\text{Hd})$ denominado Quad, os sódico-cálcicos, os sódicos e outros que incluem minerais de Mn-Mg-Li. B) Diagrama ternário de classificação En-Fs-Wo (Morimoto, 1990), onde: $\text{En} = 100\text{Mg}/(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn} + \text{Na})$, $\text{Fs} = 100(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn})/(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn} + \text{Na})$ e $\text{Wo} = 100\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn} + \text{Na})$. C) Diagrama ternário de classificação Jd-Ae-WEF (Morimoto, 1990), onde $\text{Jd} = (\text{NaAlSi}_2\text{O}_6)$, $\text{Ae} = (\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6)$ e $\text{WEF} = (\text{wollastonita, enstatita e ferrossillita})$. Símbolos como na Figura 17.

diopsídio). Por fim, a Figura 18C permite visualizar a disposição dos clinopiroxênios sódico-cálcicos (egirina-augita) encontrados nas rochas mais evoluídas.

No geral, poder-se-ia dizer que os clinopiroxênios dos álcali feldspato sienitos e também dos microssienitos com textura em mosaico são predominantemente mais cálcicos, enquanto os dos quartzo-álcali feldspato sienitos apresentam variação composicional que se estende da composição mais cálcica (hedenbergita, augita) até sódico-cálcica (egirina-augita). Já os do microssienitos porfíricos com textura traquítica estão concentrados no campo da augita.

As rochas alcalinas mais primitivas de Cananéia podem conter cristais de hedenbergita com núcleos de diopsídio e bordas formadas de augita. Já nas mais evoluídas, o mineral tem composição hedenbergítica a augítica e, mais raramente, de uma egirina-augita.

A evolução composicional dos clinopiroxênios é mostrada no diagrama triangular Mg-Na-Fe* [$\text{Fe}^* = \text{Fe}^{2+} + \text{Mn} + (\text{Fe}^{2+} - \text{Na})$] (Figura 19A). Observa-se um *trend* regular caracterizado por progressivo empobrecimento em Mg e concomitante crescimento dos teores de (Fe+Mn); uma pequena inflexão à esquerda da curva é provocada pelo aumento da concentração em Na junto às rochas mais evoluídas. Segundo Bonin & Giret (1985), a substituição de Mg por Fe é típica de rochas alcalinas metaluminosas saturadas em sílica.

No diagrama ternário da Figura 19B, nota-se que a evolução composicional dos minerais estudados é, em linhas gerais, concordante com aquelas encontradas em outras associações alcalinas da literatura e se assemelha muito com a obtida para as fases iniciais de cristalização dos clinopiroxênios das ocorrências de Ilimaussaq, na Groenlândia (Larsen, 1976) e da Ponta do Morro, no Brasil (Sousa, 1997). Essas semelhanças sugerem que, junto às rochas menos evoluídas dessas ocorrências, a formação de augita em lugar da hedenbergita foi a mudança química mais marcante na história dos clinopiroxênios.

Estruturalmente, o sítio tetraédrico é ocupado por Si (1,959 a 2,014 a.f.u.), substituído parcialmente por Al^{IV} (até 0,039 a.f.u.) e Fe^{3+} (até 0,024 a.f.u.). Na Figura 20, nota-se que grande parte das rochas evoluídas conta, em seus sítios tetraédricos, com pequena proporção de Al substituindo o Si. Diversos diagramas (Figuras 20 e 21) relacionando o índice mg# [$\text{mg\#} = \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$] com os átomos da posição tetraédrica definem uma correlação negativa para o Si e positiva para o Al. Já com o Fe^{3+} , que também está presente nesse sítio, embora em menor concentração, não se observa qualquer tendência.

Figura 19 - A) Distribuição dos clinopiroxênios das rochas de Cananéia no diagrama ternário Mg-Na-Fe*; Fe* = Fe²⁺+Mn+(Fe³⁺-Na). B) Tendências composicionais para minerais de diversos complexos alcalinos. (1) Ilimaussaq, Groenlândia (Larsen, 1976); (2) South Qôroq, Groenlândia (Stephenson, 1972); (3) Tunas (Gomes *et al.*, 1987); (4) Itapirapuã (Gomes, 1970); (5) NE do Rio de Janeiro: a) Tanguá-Rio Bonito-Itaúna-Morro de São João, b) Soarinho (Valença, 1980); (6) Banhadão (Ruberti, 1984); (7) Ilha de Vitória (Motoki, 1986); (8) Piratini (Barbieri *et al.*, 1987), (9) Sapucaí, Paraguai Oriental (De Min, 1992) e (10) Ponta do Morro (Sousa, 1997). Símbolos como na Figura 17.

Figura 20 - Diagramas de variação composicional dos clinopiroxênios das rochas de Cananéia. mg# = $Mg/(Mg+Fe^{2+})$. Símbolos como na Figura 17.

Figura 21 - Diagramas de variação composicional dos clinopiroxênios das rochas de Cananéia. $mg\# = Mg/(Mg+Fe^{+2})$. Símbolos como na Figura 17.

Os sítios tetraédricos, irregulares (M1) e regulares (M2), são preenchidos, respectivamente, por Al, Ti, Fe^{3+} , Fe^{2+} e Mg e por Fe^{2+} , Mn, Ca, Na e K. Embora o Fe^{2+} esteja representado nas duas posições citadas, ele ocupa de preferência a posição M1. Os gráficos da Figuras 20 e 21 relacionam, ainda, o mg# com os sítios octaédricos nos quais se verifica correlação positiva para o Ca_{M1} e negativa para os demais (Al_{M1} , $\text{Fe}^{3+}_{\text{M1}}$, Ti_{M1} , Mn_{M2} e Na_{M2}), enquanto que com o Fe^{2+} ela é difusa. O Al_{M1} , $\text{Fe}^{3+}_{\text{M1}}$ e Na_{M2} possuem comportamento semelhante exibindo valores quase nulos para os clinopiroxênios dos litotipos mais primitivos e teores ascendentes a partir de valores de mg# próximos a 0,20, o que evidencia a presença da egrina-augita nas rochas mais evoluídas. Comportamento oposto é indicado pelo Ca_{M2} , com queda abrupta de valores nas rochas mais evoluídas. Esse decréscimo de Ca nessas rochas parece ser devido ao aumento de Na e Fe^{3+} .

Zoneamentos composicionais foram reconhecidos em alguns cristais de clinopiroxênio e acham-se caracterizados pelo empobrecimento de Ca associado ao aumento de Na e Fe^{3+} do núcleo para as bordas dos grãos. Do ponto de vista composicional, têm-se então núcleos de natureza diopsídica e bordas hedenbergíticas ou ainda núcleos de hedenbergita e bordas de augita, ou mesmo de egrina-augita.

7.3. Anfibólios

Foram realizadas 121 análises em anfibólios das rochas de Cananéia. Os dados analíticos estão reunidos nas Tabelas 12 a 15, juntamente com a fórmula estrutural e a classificação desses minerais.

As composições representativas dos anfibólios foram recalculadas seguindo-se as recomendações de Leake (1997), que obedece a fórmula teórica expressa como: $A_{0-1}B_2C_5T_8O_{22}(OH, F, Cl)_2$, onde:

A: 0 a 1 sítio por fórmula unitária

B: 2 sítios M4 por fórmula unitária

C: 5 sítios compostos por 2 M1, 2 M2 e 1 M3 por fórmula unitária

T: 8 sítios em 2 grupos de 4

(OH, F, Cl): 2 sítios por fórmula unitária

Tendo em vista que a quantidade de H_2O foi estimada assumindo-se o valor de (OH, F, Cl) = 2,00 a.f.u., a fórmula estrutural foi calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl). A estimativa de Fe^{2+}/Fe^{3+} foi feita respeitando-se os limites estequiométricos e de acordo com os procedimentos sugeridos por Schumacher (1997). A quantidade de Fe^{3+} em análises de anfibólios por microsonda é baseada nos limites estequiométricos de uma distribuição ideal, considerando a soma das cargas positivas e negativas igual a 46.

Dessa forma, os limites de $Si \leq 8$ e Σ até Ca ≤ 15 e Σ até K ≤ 16 , permitem chegar a um valor mínimo para a estimativa de Fe^{3+} , enquanto que os limites Σ até Al ≥ 8 , de Mn ≥ 13 e Σ até Na ≥ 15 possibilitam determinar o valor máximo de Fe^{3+} . Neste trabalho, optou-se pelo método em que os cátions são ajustados num total de 13, excluindo-se Ca, Na e K.

A classificação dos anfibólios é feita em conformidade com Leake (1997), obedecendo os limites dos campos estabelecidos para cada diagrama classificatório. Os prefixos e adjetivos modificadores foram utilizados para expressar quantidades incomuns dos cátions presentes na estrutura do mineral.

Como critérios distintivos têm-se: $(Ca+Na)_B \geq 1,00$ e $Na_B < 0,50$ para anfibólios cálcicos; $(Ca+Na)_B \geq 1,00$ e $0,50 < Na_B < 1,50$ para anfibólios sódico-cálcicos, enquanto que anfibólios sódicos possuem $Na_B \geq 1,50$. Os anfibólios estudados pertencem aos três grupos, reconhecendo-se ainda mudanças composicionais, com anfibólios cálcicos passando para termos mais sódico-cálcicos e, finalmente, sódicos. Os anfibólios dos álcali feldspato sienitos são essencialmente cálcicos

(Figura 22), enquanto que os dos quartzo-álcali feldspato sienitos são predominantemente sódico-cálcicos (Figura 23). Por último, os microssienitos porfíricos com textura traquítica são sódicos (Figura 24).

Com base na classificação de Leake (1997), os anfibólios cálcicos das rochas de Cananéia correspondem a magnesiohornblenda (38 análises), ferrohornblenda (6 análises), edenita (5 análises), ferrobarroisita (5 análises) e magnesiohastingsita (2 análises) enriquecidos em Fe^{3+} e F, além de contendo ou não Ti (Figura 22); os sódico-cálcicos são identificados como katoforita (23 análises), ferrobarroisita (6 análises), ferorrichterita (3 análises), ferrowinchita (3 análises), magnesiokatoforita (2 análises), winchita (2 análises) e richterita (1 análise) com Fe^{3+} e F além de K, este nem sempre presente (Figura 23), enquanto que os sódicos são arfvedsonitas ricas em Fe^{3+} , K e F (17 análises) (Figura 24).

Nas rochas mais primitivas (álcali feldspato sienitos) estão presentes anfibólios essencialmente cálcicos como magnesiohornblenda, com os núcleos dos grãos compostos por edenita e as bordas mais ricas e ferro formando ferrohornblenda (Figura 22), ocorrem ainda magnesiohornblenda, com os núcleos e bordas constituídos por ferrobarroisita e barroisita (Figura 23). Os anfibólios presentes nos quartzo-álcali feldspato sienitos são formados por katoforita (Figura 23) podendo ter núcleos consistindo em ferro-edenita, ferorrichterita e taramita, ou ainda, magnesiokatoforita com núcleos de ferrowinchita e bordas constituídas por ferrobarroisita, no caso das rochas do Morrete (Figura 23). Já as mais evoluídas, microssienitos porfíricos com textura traquítica, contêm anfibólios sódicos de composição arfvedsonítica rica em Fe^{3+} , K e F (Figura 24).

O sítio T é ocupado por Si, Al, Ti (até 0,187 a.f.u.) e Fe^{3+} (até 0,110 a.f.u.). O sítio C é por Fe^{3+} e Fe^{2+} , com contribuições de Mg (até 2,287 a.f.u.), Ti (até 0,312 a.f.u.), Mn (até 0,260 a.f.u.), Al (até 0,191 a.f.u.) e Ca (até 0,100 a.f.u.). O Ca (até 1,756 a.f.u.) e Na (até 1,861 a.f.u.) preenchem praticamente todo o sítio B; já o sítio A é completamente ocupado por Na e K.

A diversidade composicional dos anfibólios é também mostrada no gráfico ternário Mg-Ca- Fe^* ($\text{Fe}^* = \text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn}$) (Figura 25A), onde se nota um *trend* evolutivo com aumento de Fe^{3+} , mantida a razão Ca/Mg praticamente constante, a partir dos álcali feldspato sienitos para os quartzo-álcali feldspato sienitos e microssienitos. O diagrama Ca-Na-K (Figura 25B) evidencia a variação composicional caracterizada pelo enriquecimento em Na em relação ao Ca para baixos teores de K. Esta variação é também comum a anfibólios de outras províncias

Figura 22 - Diagramas classificatórios de Leake (1997) para anfibólios cálcicos das rochas alcalinas intrusivas e hipoabissais de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

$(Na + K)_A \geq 0,50$; $(Ca + Na_B) \geq 1,00$; $0,50 < Na_B < 1,50$

$(Na + K)_A < 0,50$; $(Ca + Na_B) \geq 1,00$; $0,50 < Na_B < 1,50$

Figura 23 - Diagramas classificatórios de Leake (1997) para anfibólios cálcico-sódicos das rochas intrusivas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

Figura 24 - Diagramas classificatórios de Leake (1997) para anfibólios sódicos das rochas hipoabissais de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

Figura 25 - A) Diagrama ternário Mg-Ca-Fe* ($Fe^* = Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn$); B) Diagrama triangular Ca-K-Na; C) Diagrama $Si_T + Na_B + Na_A + K_A$ vs. $Al_T + Ca_C + Ca_B$ mostrando a evolução composicional dos anfibólios das rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

alcalinas como Ponta do Morro, no Brasil (Sousa, 1997), Ras ed Dom, no Sudão (O'Halloran, 1985) e Oslo, na Noruega (Neumann, 1976).

A Figura 25C ilustra a relação $Al_T + Ca$ vs. $Si + Na + K$, esquematizando a substituição $Al_T + Ca \leftrightarrow Si + Na$. Neste gráfico, são reconhecidos dois *trends*: o das rochas primitivas e o das diferenciadas. Os álcali feldspato sienitos são mais enriquecidos em Al_T e Ca , enquanto os quartzo-álcali feldspato sienitos, microssienitos com textura em mosaico e microssienitos porfiríticos com textura traquítica são mais empobrecidos relativamente à concentração de SiO_2 e álcalis. Essas tendências são similares às das rochas alcalinas ricas em sílica de Oslo, na Noruega (Neumann, 1976), de complexos anelares (Giret *et al.*, 1980), de Itiúba, na Bahia (Conceição *et al.*, 1991) e Ponta do Morro, Mato Grosso (Sousa, 1997).

Assim, os anfibólios possuem uma função importante no processo de diferenciação magmática. O fracionamento das fases ricas em Ca e pobres em Si induz ao aumento do último elemento no magma, contribuindo, assim, para a produção de líquidos diferenciados ricos em sílica (Giret *et al.*, 1980). Petrograficamente, isto é confirmado em Cananéia pela presença de quartzo em contato com anfibólios preenchendo vazios intergranulares.

O comportamento dos diversos cátions é demonstrado nos diagramas binários que relacionam $mg\#$ ($mg\# = Mg/(Mg + Fe^{2+})$) vs. cátions separados por posições estruturais ocupadas (Figuras 26 e 27). O sítio tetraédrico (T) é preenchido essencialmente por Si e Al , sendo, no entanto, grande a dispersão dos pontos. Contudo, Ti e Fe^{3+} podem estar também ocupando essa posição, bem como participando do sítio octaédrico. Os demais cátions, quando relacionados com $mg\#$, apresentam correlação positiva para $Fe^{3+}_C + Fe^{3+}_T$ e $Ca_B + Ca_A$ e negativa para Ti_C , Mn_C , Fe^{2+}_C e $Na_B + Na_A$. Isto ocorre tanto para as rochas mais primitivas como as diferenciadas. Os diagramas das Figuras 26 e 27 mostram ainda que os álcali feldspato sienitos são enriquecidos em Fe^{3+} e Ca em relação aos quartzo-álcali feldspato sienitos, microssienitos com textura em mosaico e microssienitos porfiríticos com textura traquítica. Por outro lado, essas três últimas litologias contêm maior riqueza em Mn , Fe^{2+} , Na e K .

Figura 26 - Diagramas de variação composicional dos anfibólios das rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

Figura 27 - Diagramas de variação composicional dos anfibólios das rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

7.4. Biotitas

Foram efetuadas 55 análises químicas pontuais em biotitas das rochas de Cananéia. Os resultados analíticos estão reunidos nas Tabelas 16 e 17, juntamente com as fórmulas estruturais.

Os procedimentos para a distribuição catiônica seguiram as recomendações da IMA (Rieder, 1999). Sendo assim, a fórmula geral para as biotitas é expressa como: $IM_{2-3}\square_{0-1}T_4O_{11}A_2$, onde I é ocupado por K, Na ou Ca, podendo conter também Ba, Rb, Cs, NH_4 ; M é preenchido por Li, Fe^{2+} ou Fe^{3+} , Mg, Al ou Ti, ou ainda Mn^{2+} ou Mn^{3+} , Zn, Cr e V; $\square$ é uma vacância; T é ocupado por Si, Al ou Fe^{3+} , e ainda por Be ou B; A é preenchido por OH, F, Cl, O (oxi-micas) e S.

A fórmula estrutural das biotitas foi calculada na base de 22 cargas positivas (equivalente a 11 oxigênios) e a H_2O estimada considerando 4,00 a.f.u. de OH, F, Cl, O, S.

Os minerais analisados correspondem a micas trioctaédricas pertencentes à série das biotitas (Rieder, 1999), com somatória de cátions octaédricos (M) de 2,5 a.f.u.. O diagrama da Figura 28 mostra a classificação dessas micas segundo os membros finais eastonita, $KMg_2AlAl_2Si_2O_{10}(OH)_2$ - siderofilita, $KFe^{2+}_2AlAl_2Si_2O_{10}(OH)_2$ - flogopita, $KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$ - annita, $KFe^{3+}_2AlSi_3O_{10}(OH)_2$. Os pontos obtidos situam-se no campo definido pela maioria das composições de biotitas naturais (Deer *et al.*, 1992). Dez análises de biotitas dos quartzo-álcali feldspato sienitos contendo Al tetraédrico inferior a 2,00 a.f.u. não foram incluídas no diagrama classificatório.

A exemplo do que ocorre com os clinopiroxênios e anfibólios estudados, o índice mg# das biotitas contém também valores decrescentes das rochas mais primitivas para as mais diferenciadas. Na Figura 29, nota-se correlação negativa para Si, Fe^{3+} , Mn e K, a indicar conteúdos mais elevados desses últimos elementos nos minerais dos sienitos mais evoluídos. Já a correlação positiva em Al^{IV} e Ti aponta para o empobrecimento desses elementos.

O diagrama ternário da Figura 30A mostra tendência de enriquecimento em ($Fe^{2+}+Mn$) e empobrecimento em Mg e ($Al^{IV}+Ti$) junto às rochas mais evoluídas. Fato também reconhecido nas Figuras 30B e 30C, em que K e Al exibem padrões muito semelhantes, quando comparados com os do Mg e Fe.

Na fórmula estrutural observa-se que todo o Si e grande parte do Al disponível ocupam o sítio tetraédrico, que pode ainda completar-se com a entrada

Figura 28 - Diagrama de classificação de biotitas segundo os componentes eastonita-siderofililita-flogopita-annita (Deer *et al.*, 1992) para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

Figura 29 - Diagramas de variação relacionando o índice $mg\#$ ($Mg/Mg+Fe^{2+}$) das biotitas com os cátions presentes na estrutura desses minerais. Símbolos como na Figura 17.

Figura 30 - Localização das biotitas das rochas de Cananéia nos diagramas ternários $(Al^{IV}+Ti)$ -Mg- $(Fe^{2+}+Mn)$ (A), Mg-Al- Fe^{2+} (B) e Mg-K- Fe^{2+} (C) . Símbolos como na Figura 17.

do Fe^{3+} (até 0,573 a.f.u.). O sítio tetraédrico é preenchido por Fe e Mg com quantidade significativa de Ti (até 0,671 a.f.u.) e $\square^{\text{VI}}$ (até 0,843 a.f.u.), além de traços de Al (até 0,151 a.f.u.) e de Mn (0,150 a.f.u.). Os sítios intercamadas são ocupados por K e Na (até 0,522 a.f.u.), juntamente com Ca (até 0,685 a.f.u.) e Ba (até 0,040 a.f.u.).

As maiores variações catiônicas estão presentes nos sítios octaédricos. Neles, destacam-se as substituições de Mg por Fe^{2+} , que envolvem termos mais ricos em Mg nos álcali feldspato sienitos e com tendência ao enriquecimento em Fe^{2+} nas rochas mais diferenciadas (quartzo-álcali feldspato sienitos) (Figura 31A).

A presença de Ti no sítio octaédrico implica em mecanismo de substituição visando a balancear as diferenças de cargas. Dymek (1983) propõe para esse processo três tipos de substituição: $\text{Ti}^{\text{IV}} + 2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})^{\text{IV}} = (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})^{\text{VI}} + 2\text{Si}^{\text{IV}}$ (tipo tchermak), $\text{Ti} + \square^{\text{VI}} = 2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})^{\text{VI}}$ (tipo sítio octaédrico vago) e $(\text{R}^{2+}) + 2(\text{OH})^- = (\text{Ti}^{4+})^{\text{VI}} + 2\text{O}^{2-}$ (tipo desidratação).

As Figuras 31B e 31C reúnem as relações catiônicas entre Ti vs. $\square^{\text{VI}}$ e T vs. $(\text{Al} + \text{Fe}^{3+})^{\text{IV}}$ para as biotitas investigadas, indicando claramente que dois tipos de substituição estão presentes. Na do tipo tchermak, o Ti e as vacâncias estruturais ocorrem numa proporção de 2:1, sendo que as rochas mais diferenciadas exibem menor proporção delas em relação ao Ti. Por outro lado, o Ti e $(\text{Al} + \text{Fe}^{3+})^{\text{IV}}$ aparecem em proporções de 1:2. Essas proporções sugerem um mecanismo resultante da soma das duas equações, que pode ser expresso por:

Caso o sítio tetraédrico priorizasse a entrada de Ti^{IV} ao invés do $(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})^{\text{IV}}$, o mecanismo do tipo sítio octaédrico vago teria pequena vantagem em relação ao tipo tchermak.

O mecanismo de substituição do tipo desidratação pode também estar presente, porém não é evidente devido à opção de cálculo para a fórmula estrutural das micas, em que a quantidade de (OH, F, Cl) é estimada.

A Figura 31D mostra que as biotitas dos álcali feldspato sienitos são mais enriquecidas em Ti e $\square^{\text{VI}}$ relativamente às micas dos quartzo-álcali feldspato sienitos.

O sítio intercamada, preenchido principalmente por K, não apresenta qualquer mecanismo de substituição dos cátions presentes. O Cl (até 0,318 a.f.u.) e F (até 0,936 a.f.u.) aparecem substituindo o ânion $(\text{OH})^-$.

Figura 31 - A) Diagrama Mg vs. Fe^{2+} indicando a principal substituição do sítio octaédrico nas biotitas das rochas de Cananéia. B) Diagrama $\square^{VI}$ vs. Ti mostrando as substituições acopladas com a entrada de Ti no sítio octaédrico. C) Diagrama ($Al^{IV} + Fe^{3+}$) vs. Ti evidenciando as substituições causadas pela entrada de Ti no sítio octaédrico. D) Diagrama ($Ti + \square^{VI}$) vs. ($Mg + Fe^{2+}$) apresentando as substituições dos cátions no sítio octaédrico. Símbolos como na Figura 17.

7.5. Olivinas

As olivinas, pouco presentes nas rochas de Cananéia, são encontradas na forma de grãos reliquiais no interior do clinopiroxênio, com as suas bordas e fraturas associadas a anfibólio e biotita. Elas são substituídas pseudomorficamente por mineral de cor amarelo pálido (iddingsita?). Somente nos quartzo-álcali feldspato sienitos e microssienitos com textura em mosaico os cristais estão mais preservados, possibilitando, assim, a determinação do seu quimismo. Os dados obtidos para 9 análises estão reunidos na Tabela 18, juntamente com a fórmula estrutural calculada na base de 4 átomos de oxigênio e os valores dos componentes moleculares Fo (forsterita, Mg_2SiO_4) e Fa (faialita, Fe_2SiO_4).

Os resultados indicam que o mineral é uma faialita ($\text{Fa}_{98-97}\text{Fo}_{2-3}$) (Figura 32), com a troca catiônica mais importante na estrutura sendo a substituição do Mg por Fe e Mn. Ca aparece em pequena quantidade, 0,009 a 0,018 a.f.u. Quimicamente, o mineral é homogêneo, não se registrando qualquer variação do centro para as bordas dos grãos.

Figura 32 – Diagrama de classificação de olivinas para as rochas de Cananéia. Símbolos como na Figura 17.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1. Aspectos texturais e transformações tardi-magmáticas

Conforme as descrições petrográficas, ficou evidenciada a atuação de processos de alteração tardi e pós-magmática que ocasionaram algumas mudanças mineralógicas sem modificar, de forma importante, as texturas primárias das rochas de Cananéia. Essas transformações foram de pouca intensidade, tais como sericitização dos feldspatos e uralitização dos piroxênios, além das modificações pseudomórficas parciais ou totais da olivina e do piroxênio.

O principal mineral constituinte das rochas de Cananéia é um feldspato alcalino mesopertítico que, devido ao processo de exsolução, originou um complexo textural, em que é possível distinguir-se três fases: micropertítica a mesopertítica, albitica e potássica. Estas duas últimas formam porções irregulares e dominam sobre a primeira.

A fase micropertítica a mesopertítica é caracterizada, dentro de um mesmo cristal, por um padrão de exsolução diverso, com micropertitas de lamelas albiticas muito finas ($<2\ \mu\text{m}$) a quase imperceptíveis, notadas apenas com aumento máximo, a mesopertitas com lamelas de até $10\ \mu\text{m}$ de largura. As lamelas finas estão desenvolvidas em maior número nas bordas dos grãos ou mesmo no seu interior. Com o aumento da frequência das lamelas, reconhece-se também outras maiores e mais sinuosas na forma de barras e interligadas, que se distribuem aleatoriamente no interior do mineral.

As outras duas fases, albitica e potássica, são produtos da desmisturação dos componentes alcalinos Ab-Or e formam porções irregulares e interpenetradas, dando ao feldspato um aspecto manchado sugestivo de origem deutérica. O arranjo das lamelas é irregular, localizando-se preferencialmente nas bordas dos minerais. Comumente, a fase albitica ocupa o interior dos cristais e muitas vezes se mostra límpida, enquanto que a fase potássica é turva e está presente nas porções mais externas do mineral.

O feldspato alcalino pode também ocorrer como fenocristais idiomórficos a hipidiomórficos e a sua presença é interpretada como um produto da cristalização precoce. Contudo, quando portador de inclusões parece ser de formação tardia (Flood & Vernon, 1988).

A ocorrência simultânea de feldspato alcalino e quartzo, observada tão somente nas rochas de Morrete, é comum nas bordas de alguns cristais de feldspato exibindo textura eutética a proto-eutética, e que podem se desenvolver em um estágio tardio de cristalização de alguns granitóides de alto grau de sub-resfriamento, para promover crescimentos de hábito dendrítico (Flood & Vernon, 1988). O quartzo pode ter origem mais tardia que a do feldspato alcalino, pois ocorre preenchendo espaços intersticiais ou mais raramente intercrescido com o feldspato alcalino, e associado às bordas de anfibólios provenientes da transformação de clinopiroxênios.

O plagioclásio ocorre nas rochas mais primitivas e apresenta características texturais indicativas de cristalização mais precoce, tais como, cristais idiomórficos e hipidiomórficos tabulares pouco zonados e composição labradorítica. Também está presente na forma de manchas reliquias no interior dos cristais de feldspato pertítico, evidenciando desmisturação parcial dos componentes Ab-Or. A presença de plagioclásio nas litologias mais primitivas sugere seu envolvimento em processos de cristalização fracionada durante a evolução mantélica contribuindo assim para o caráter alcalino do líquido mais diferenciado.

Com base na natureza do feldspato, tem-se que a maioria dos litotipos é considerada *hipersolvus*, pois apresenta apenas a fase pertítica, contudo, alguns deles possuem dois tipos de fase, a pertítica e albítica, enquadrando-se desse modo como *subsolvus*. As transformações *subsolidus* sofridas pelo feldspato alcalino evidenciam maior desenvolvimento de processos de exsolução. As transformações tardias do feldspato alcalino são indicadas pelos processos de caolinização e sericitização e as do plagioclásio pelo de saussuritização.

As reações mais importantes registradas nas fases máficas envolvem a formação de anfibólios a partir dos piroxênios e a transformação parcial ou total dos cristais de olivina rica em Fe em iddingsita.

Os produtos de transformação de mais baixa temperatura dos piroxênios são os anfibólios, as micas (biotita) e os opacos; algumas vezes observa-se também a presença de quartzo intersticial associado aos anfibólios cálcicos, sugerindo a liberação de sílica, proveniente da modificação. Nos álcali feldspato sienitos, os cristais de clinopiroxênio de composição cálcica (hedenbergita, augita e diopsídio) encontram-se parcial ou totalmente substituídos por magnesiohornblenda, enquanto que nos quartzo-álcali feldspato sienitos, eles podem apresentar-se transformados

em katoforita e richterita. Por último, a biotita secundária e mesmos os opacos podem resultar de reações envolvendo anfibólios.

8.2. Mineralogia normativa

O exame dos dados normativos permite realçar a natureza saturada a supersaturada das rochas de Cananéia, com o teor de quartzo oscilando de 0 a 20%. A presença de ortoclásio (até 32,73%) e do componente albitico do plagioclásio (até 61,56%) (Tabela 2) formados, respectivamente, pelo consumo do K_2O e Na_2O indicam a afinidade alcalina dessas rochas. Uma única amostra (32, CN-09/A2) exibe caráter ligeiramente insaturado, isto é, ausência de quartzo e presença de nefelina normativa em pequena quantidade (2,21%). O cálcio disponível é consumido na formação de anortita e clinopiroxênio.

O índice de diferenciação (I.D. = $Q + Or + Ab + Ne + Ks + Lc$; cf. Thorton & Tuttle, 1960) varia de 72 a 94%, indicando o alto grau de evolução dessas rochas (Tabela 2). Albita, ortoclásio, quartzo e clinopiroxênio representam os principais constituintes normativos. Uma vez que os feldspatos correspondem a cerca de 89% da composição modal das amostras, a análise do estudo do seu fracionamento é de grande importância para o estudo evolutivo de rochas granitóides.

O diagrama ternário Q-Ab-An normativo (Tuttle & Bowen, 1958; Figura 33A) mostra dois grupos, com as rochas mais evoluídas (quartzo-álcali feldspato sienitos e microssienitos com textura em mosaico e microssienitos porfiríticos com textura traquítica) de Cananéia se mostrando mais enriquecidas em sílica.

No diagrama Ab-An-Or da Figura 33B tem-se a curva do *solvus* (linha LKS; onde K é o ponto consoluta) e a linha cotética plagioclásio-feldspato alcalino (PAL-C, onde C é o ponto mínimo) para o sistema de feldspatos saturados de pressão constante de 2 kb e $a(H_2O) = 0,1$, conforme cálculos de Nekvasil (1990, *apud* Janasi, 1992).

Para as rochas mais primitivas, que se situam abaixo da linha PAL e próximas ao ponto mínimo, fica evidenciado que o plagioclásio é o primeiro feldspato a se cristalizar sendo reabsorvido ao final da cristalização magmática. Esse processo é confirmado pelo estudo petrográfico em que se reconhecem relíquias de plagioclásio no interior do feldspato alcalino, que também demonstra a desmisturação parcial dos componentes cálcico e potássico. A pequena presença de plagioclásio nos microssienitos com textura em mosaico deve-se à rápida cristalização da rocha com

Figura 33 - A) Diagrama Q-Ab-Or (porcentagens em peso na norma CIPW recalculadas para 100%) com os pontos representativos das rochas de Cananéia. B) Diagrama Ab-An-Or (porcentagens em peso na norma CIPW recalculadas para 100%) com a curva de solvus (linha LKS; K = ponto consoluta) para os feldspatos ternários e a linha cotética plagioclásio-feldspato alcalino (PAL; C = ponto mínimo) para o sistema insaturado a 2 kb e $a(\text{H}_2\text{O}) = 0,1$ (Nekvasil, 1990 *apud* Janasi, 1992). Símbolos como na Figura 8.

o mineral não tendo tempo de reagir totalmente com o magma (Janasi, 1992) ou estando presente como xenocristal.

Por outro lado, mais rochas mais diferenciadas, que se encontram no campo do feldspato alcalino+líquido, o baixo teor de anortita normativa desses litotipos impede que ocorra a cristalização de plagioclásio magmático, o que também é constatado no estudo petrográfico.

Conforme as tendências mostradas pelos diagramas das Figuras 33A e 33B, sugere-se que a evolução dessas rochas possa estar relacionada ao enriquecimento em SiO_2 e K_2O pela absorção de plagioclásio inicial em magmas de composição semelhante à dos litotipos mais evoluídos (Janasi, 1992).

8.3. Correlação geológica

Quando comparadas às litologias mais representativas dos complexos vizinhos de Jacupiranga, Juquiá e Pariquera-Açu, as rochas de Cananéia não guardam qualquer identificação de ordem petrográfica e química, tendo em comum apenas o fato de ocorrerem na mesma região. Como já referido, a intrusão de Cananéia consiste em uma associação litológica intrusiva de natureza sienítica; as variedades mais finas presentes, diga-se de passagem, menos comuns, possuem também idênticas características. Por sua vez, os complexos de Jacupiranga (Ruberti *et al.*, 1988, 1991, 2000) e de Juquiá (Beccaluva *et al.*, 1992) reúnem rochas silicáticas menos evoluídas, mais abundantes, além de carbonatitos, enquanto que o de Pariquera-Açu (Morbidelli *et al.*, 2000) contém tão-somente as primeiras.

Em Jacupiranga, a associação cumulática formada por dunitos e magnetita clinopiroxenitos (jacupiranguitos) representa a litologia dominante. Outros tipos silicáticos, presentes na forma de pequenos corpos, diques e veios, incluem variedades gabróicas, monzoníticas, sieníticas e ijolíticas-melteigíticas, além de lamprófiros. A suíte carbonatítica é constituída por distintas intrusões de composição variável entre cálcio-carbonatitos, o tipo mais comum, e magnésio-carbonatitos, ocorrendo como *plugs* independentes, diques e enxame de diques. Os carbonatitos são visivelmente intrusivos nas rochas piroxeníticas, dando-se a formação, na zona de contato dessas rochas, de uma pequena auréola de reação de composição mineralógica extremamente variada.

A associação cumulática (olivina clinopiroxenitos e, subordinadamente, olivina gabros), em Juquiá, é também dominante, aparecendo ainda litologias mais diferenciadas (membros da série ijolito-melteigito-urtito, nefelina sienitos, essexitos e sienodioritos). A parte sudoeste da intrusão consiste em um pequeno corpo carbonatítico, de natureza magnesiânica. No interior do complexo e também fora dele, em associação com rochas do embasamento pré-cambriano, são encontrados pequenos diques variando em composição de basanita a fonolito peralcalino.

Por outro lado, em Pariquera-Açu, somente ocorrem rochas intrusivas, representando duas séries com diferente grau de alcalinidade, teralitos-essexitos e sienogabros-sienodioritos. Tipos mais evoluídos estão ausentes e a presença de carbonatitos é inferida, considerando as características geoquímicas comuns aos três complexos.

O confronto das características petrográficas, mineralógicas e geoquímicas das rochas de Cananéia com as das três ocorrências vizinhas permite reconhecer marcantes diferenças entre elas, bem como considerá-las como representando duas manifestações alcalinas distintas, geradas a partir de fontes diversas, e tendo em comum unicamente o condicionamento tectônico.

O Arco de Ponta Grossa é uma grande estrutura soerguida, com eixo orientado segundo NW, onde é possível distinguir-se três grandes falhamentos desenvolvidos subparalelamente a essa direção e associados a uma única fase tectônica ocorrida nos primórdios do Cretáceo. Essa atividade tectônica levou à formação de fraturamentos e falhamentos normais, bem como de arqueamentos regionais e *horsts* dômicos (Vieira, 1973). Simultaneamente sobreveio o magmatismo basáltico, que teve seu clímax de intensidade entre 130 e 120 Ma (Amaral *et al.*, 1967; Melfi, 1967). Levantamentos aeromagnetométricos realizados (Ferreira, 1982a, b) possibilitaram não apenas reconhecer a importância dos falhamentos identificados, como também assinalar a presença de outro, a SW, o Alinhamento do Rio Piqueri.

Na descrição de Ferreira (1982a), o Alinhamento de Guapiara assinalaria o limite norte do Arco de Ponta Grossa. Esse se estende por, pelo menos, 600 km e apresenta largura variável de 20 a 100 km, além de atingir a região litorânea na altura da cidade de Iguape, em São Paulo. Na porção mais interna do arco, são definidos dois alinhamentos subparalelos, São Jerônimo-Curiúva, junto ao lado norte, e Rio Alonzo, junto à parte sul. No Arco de Ponta Grossa, são conhecidas mais de uma dezena de intrusões alcalinas com formas e áreas de exposição as

mais variadas, a maior delas correspondendo ao complexo de Jacupiranga (65 km²). Como notado por vários autores (em particular Almeida, 1983), os dados geológicos e geofísicos obtidos evidenciam que as intrusões alcalinas próximas à região central do Arco acham-se estreitamente condicionadas às grandes zonas de falhas e fraturamentos tracionais de orientação NW, que também serviram de acesso ao magma toleítico. Coube a Algarte (1972), chamar a atenção para o fato de que os corpos alcalinos da região acham-se no conjunto alinhados para NW, ou seja, paralelamente ao eixo do Arco. Segundo ainda esse autor, as três intrusões mais antigas estão com certeza associadas ao alinhamento estrutural de Guapiara, o mesmo, aparentemente, ocorrendo com a de Cananéia.

8.4. Conclusões

- Na região do Vale do Ribeira coberta pela Figura 3, ocorrências de rochas alcalinas são conhecidas junto às localidades de Jacupiranga, Juquiá, Pariquera-Açu e Cananéia, com as litologias exibindo características variadas quanto ao modo de exposição, distribuição interna, petrografia, mineralogia e quimismo.

- As três primeiras apresentam maiores identificações entre si e podem ser tratadas conjuntamente, em que pesem as particularidades reconhecidas, algumas delas de grande significado, como, por exemplo, a ausência de rochas carbonatíticas aflorantes na intrusão de Pariquera-Açu, ou ainda, a presença, em Jacupiranga, de bordas de reação, na zona de contato dos carbonatitos com os piroxenitos mais antigos, tipos petrográficos mais primitivos (mg# > 0,65 e altos teores em Cr e Ni). Já em Pariquera-Açu (cf. Morbidelli *et al.*, 2000), muitas das rochas teralíticas são portadoras de alto mg# (>0,65) e concentrações elevadas em Cr e Ni (respectivamente, 502-267 ppm e 241-207 ppm).

- As rochas de Cananéia são classificadas como álcali feldspato sienitos, quartzo-álcali feldspato sienitos e subordinadamente quartzo-álcali feldspato sienitos porfiríticos. Os diques presentes no maciço correspondem a microssienitos com textura em mosaico e microssienitos porfiríticos com textura traquítica.

- Petrograficamente, os álcali feldspato sienitos são rochas de estrutura maciça, faneríticas de textura inequigranular, hipidiomórfica a xenomórfica e granulação variável de média (1,2 a 2,0 mm) a grossa (2,7 a 4,0 mm), além de compostas por feldspato alcalino, clinopiroxênio, anfibólio, biotita, quartzo e raros pseudomorfos de olivina; opacos e apatita constituem os principais acessórios. Os

quartzo-álcali feldspato sienitos são rochas de estrutura maciça, textura fanerítica inequigranular, hipidiomórfica a xenomórfica, e de granulação média a grossa, podendo assumir localmente caráter pegmatóide. Mineralogicamente, contêm feldspato alcalino, clinopiroxênio, anfibólio, biotita, quartzo, olivina e acessórios (opacos, apatita, titanita e zircão). A variação porfírica deste litotipo consiste em rochas de estrutura maciça, fanerítica fina e textura traquítica, com a matriz de granulação variável e orientada face à disposição dos cristais tabulares de feldspato, anfibólio e rara biotita.

- As variedades hipoabissais como microssienitos de textura em mosaico são rochas de estrutura maciça, granulação fina, hipidiomórfica a alotriomórfica com textura do tipo mosaico definida pelo arranjo dos cristais de feldspato alcalino com clinopiroxênio e rara olivina discretamente orientados. Elas podem também evoluir para tipos porfíricos com arranjo traquítico dado pela orientação dos cristais tabulares de feldspato alcalino e dos prismas de clinopiroxênio.

- A química mineral apresenta: feldspatos alcalinos de ampla variação composicional, indo de ortoclásio puro até albita pura e chegando a atingir o campo do oligoclásio; clinopiroxênios de composição cálcica (hedenbergita, augita e diopsídio) com tendência sódico-cálcica (egirina-augita); anfibólios cálcicos (magnesiohornblenda, ferrohornblenda, edenita, ferro-edenita, magnesiohastingsita), cálcico-sódicos (katoforita, barroisita, richterita, winchita) e sódicos (arfvedsonita); biotitas definidas como Fe-biotita (grupo da annita) e olivinas (faialita).

- No caso particular dos microssienitos com textura em mosaico e nos porfíricos de textura traquítica reconhecem-se feldspato alcalino, clinopiroxênio de composição sódico-cálcica (augita) e sódica (egirina-augita), além de pequena quantidade de olivina e biotita.

- O estudo geoquímico caracteriza os sienitos de Cananéia como sendo rochas evoluídas, com pronunciado enriquecimento em álcalis e empobrecimento em ferro e magnésio, além de teores muito baixos em mg#, Cr e Ni. Com base no índice de diferenciação, tem-se como tipos mais primitivos, os álcali feldspato sienitos; como intermediários, os quartzo-álcali feldspato sienitos; e como mais diferenciados, os microssienitos com textura em mosaico e os microssienitos porfíricos com textura traquítica. A variação dos elementos maiores é acompanhada pelo aumento em Al_2O_3 , Na_2O e K_2O e diminuição em TiO_2 , FeO_T , MnO , MgO , CaO e P_2O_5 . Para os elementos traços tem-se elevação em Rb, Nb, Zr, La, Ce, e Nd e redução em Cr, Ni, Sr e Ba.

- O comportamento dos elementos incompatíveis, a partir de diagramas do tipo *spider*, mostra pronunciada anomalia negativa em Sr e Ti, e subordinada em Ba, contrastando com anomalia positiva para Zr.

- A distribuição dos elementos Terras Raras caracteriza-se pelo fracionamento das TRL em relação às TRP que é típico de séries alcalinas em geral. A anomalia negativa de Eu, poderia estar associada à cristalização do feldspato.

- Ainda do ponto de vista geoquímico, as rochas de Cananéia, quando olhadas no seu todo, parecem ter sido submetidas a processos de cristalização fracionada, como evidenciado por sua mineralogia, notadamente a grande riqueza em constituintes félsicos.

- A análise comparativa das características petrográficas, mineralógicas e geoquímicas das rochas de Cananéia com as das três ocorrências vizinhas (Juquiá, Jacupiranga e Pariquera-Açu) permite reconhecer diferenças marcantes entre elas, bem como considerá-las como representando duas manifestações alcalinas distintas, geradas a partir de fontes diversas, e tendo em comum unicamente o condicionamento tectônico.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algarte, J.P. (1972) A influência dos arqueamentos cratônicos no condicionamento das alcalinas dos Estados de São Paulo e Paraná. XXVI Congr. Bras. Geol., Belém, Anais, 1:65-69.
- Almeida, F.F.M. (1983) Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma Sul-Americana. Rev. Brasil. Geoc., **13**:139-158.
- Almeida, T.I.R. (1982) Arco de Ponta Grossa: uma resposta para a sua configuração e evolução a partir da interpretação de dados de sensoriamento remoto. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, 143p.
- Amaral, G.; Bushee, J.; Cordani, U.G.; Kawashita, K.; Reynolds, J.H. (1967) Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. Geochim. Cosmochim. Acta, **31**:117-142.
- Barbieri, M.; Beccaluva, L.; Brotzu, P.; Conte, A.; Garbarino, C.; Gomes, C.B.; Loss, E.I.; Macciotta, G.; Morbidelli, L.; Scheibe, L.F.; Tamura, R.M.; Traversa, G.; (1987) Petrological and geochemical studies of alkaline rocks from continental Brazil; 1, The phonolite suite from Piratini, RS. Geochim. Brasil, **1**:109-138.
- Beccaluva, L.; Barbieri, M.; Born, H.; Brotzu, P.; Coltorti, M.; Conte, A.; Garbarino, C.; Gomes, C.B.; Macciotta, G.; Morbidelli, L.; Ruberti, E.; Siena, F.; Traversa, G. (1992) Fractional crystallization and liquid immiscibility processes in the alkaline-carbonatite complex of Juquiá (São Paulo, Brazil). J. Petrol., **33**:1371-1404.
- Bellieni, G.; Brotzu, P.; Comin-Chiaramonti, P.; Ernesto, M.; Melfi, A.J.; Pacca, I.G.; Piccirillo, E.M.; Stolfi, D. (1983) Petrological and paleomagnetic data on the plateau basalt to rhyolite sequences of Southern Paraná Basin (Brazil). An. Acad. Brasil. Ciênc., **55**:355-383.
- Bigarella, J.J. & Mousinho, M.R. (1965) Contribuição da Formação Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. Bol. Paran. Geogr., **16/17**: 17-41.
- Bonin, B. & Giret, A. (1985) Contrasting roles of rock-forming minerals in alkaline ring complexes. J. Afr. Earth Sci., **3**:41-49.
- Boynton, W.V. (1984) Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (ed.) Rare earth element geochemistry. Elsevier, Amsterdam, pp. 63-144.

- Casetta, B.; Giaretta, A.; Mezzacasa, G. (1990) Determination of rare earth and other trace elements in rock samples by ICP-mass spectrometry: comparison with other techniques. *Atom. Spec.*, **11**:222-228.
- Cawthorn, R.G. & Collerson, K.D. (1974) The recalculation of pyroxene end-member parameters and estimation of ferrous and ferric iron content from electron microprobe analyses. *Amer. Mineral.*, **59**:1203-1208.
- Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (1996) Alkaline magmatism in central-eastern Paraguay - Relationships with coeval magmatism in Brazil. Edusp/Fapesp, São Paulo, 464p.
- Conceição, H.; Sabaté, P.; Bonin, B. (1991) The Itiúba alkaline syenite massif, Bahia State (Brazil): mineralogical, geochemical and petrological constraints – relation to the genesis of rapakivi magmatism. *Prec. Res.*, **51**:283-314.
- De La Roche, H.C. (1986) Classification et nomenclature des roches ignées: un essai de restauration de la convergence entre systematique quantitative, typologie d'usage et modélisation génétique. *Bull. Soc. géol. France*, **2**:237-313.
- De La Roche, H.C.; Leterrier, J.; Grandclaure, P.; Marchal, M. (1980) A classification of volcanic rocks using R1-R2 diagram and major-element analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, **29**:183-210.
- De Min, A. (1992) Il magmatismo mesozoico K-alcálico del Paraguai Orientale: aspetti petrogenetici ed implicazioni geodinamiche. Tese de Doutorado, Universidade de Trieste, 242p.
- Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. (1992) An introduction to the rock-forming minerals. 2nd ed. Longman, London, 696p.
- Droop, G.T.R. (1987) A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. *Mineral. Mag.*, **51**:431-435.
- Dymek, R.F. (1983) Titanium, aluminium and interlayer cation substitutions in the biotite from high-grade gneisses, West Greenland. *Amer. Mineral.*, **68**:880-899.
- Ferreira, F.J.F. (1982a) Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro ocidental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. São Paulo, IPT, publ. n° 1217, pp.143-166.
- Ferreira, F.J.F. (1982b) Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do arco de Ponta Grossa. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, 170p.

- Flood, R.H. & Vernon, R.H. (1988) Microstructural evidence of orders of crystallization in granitoid rocks. *Lithos*, **21**:237-245.
- Freitas, R.O. (1947) Eruptivas alcalinas de Cananéia, Estado de São Paulo. *Bol. Fac. Fil. Ci. Let. USP, Geologia*, **3**:4-35.
- Gerasimovskii, V.I. (1956) Geochemistry and mineralogy of nepheline syenite intrusions. *Geochemistry*, **5**:494-510.
- Gillespie, M.R. & Styles, M.T. (1997) BGS Rock Classification Scheme, volume 1 - Classification of igneous rocks. British Geological Survey Research Report RR97-2. 63p.
- Giret, A.; Bonin, B.; Leger, J.M. (1980) Amphibole compositional trends in oversaturated and unsaturated alkaline plutonic ring-composition. *Can. Mineral*, **18**:481-495.
- Gomes, C.B. (1970) Petrologia do maciço alcalino de Itapirapuã, São Paulo. *Bol. IGA.*, **1**:77-197.
- Gomes, C.B. (1984) Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia. Ed Edgard Blücher, 218p.
- 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**:201-234.
- Gomes, C.B.; Morbidelli, L.; Ruberti, E.; Comin-Chiaramonti, P. (1996) Comparative aspects between pos-paleozoic alkaline rocks from the western and eastern margins of the Paraná Basin. *In*: Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (eds.) *Alkaline magmatism in central-eastern Paraguay - Relationships with coeval magmatism in Brazil*. Edusp/Fapesp, São Paulo, pp.249-274.
- Gomes, C.B.; Ruberti, E.; Morbidelli, L. (1990) Carbonatite complexes from Brazil: a review. *J. South Amer. Earth Sci.*, **3**:51-63.
- Guia 4 Rodas Brasil (2003) Ed Abril, São Paulo, 738p.
- Hasui, Y. & Sadowski, G.R. (1976) Evolução geológica do Pré-Cambriano na região Sudeste do Estado de São Paulo. *Rev. Brasil. Geoc.*, São Paulo, **6**:180-200.
- Hasui, Y.; Dantas, A.S.L.; Carneiro, C.D.R.; Bistrichi, C.A. (1981) Embasamento Pré-Cambriano em São Paulo. *In*: Almeida, F.M.F.; Hasui, Y.; Poçano, W.L.; Dantas, A.S.L.; Carneiro, C.D.R.; Melo, M.S.; Bistrichi, C.A. (coord.) *Mapa*

- Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000. Nota explicativa, São Paulo IPT, publ. n° 1184, 1:12-45.
- Janasi, V.A. (1992) Rochas sieníticas e mangerito-charnockíticas neoproterozóicas da região entre Caldas e Campestre, MG: aspectos petrológicos. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP, 298p.
- Larsen, L.M. (1976) Clinopyroxenes and coexisting mafic minerals from the alkaline Ilimaussaq Intrusion, South Greenland. *J. Petrol.*, **17**:258-290.
- Le Maitre, R.W. (1989) A classification of igneous rocks and glossary terms. Blackwell Sci. Publ., Oxford, 193p.
- Leake, B.E. (1997) Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. *Eur. J. Mineral.*, **9**:623-651.
- Leinz, V. (1940) Petrologia das jazidas de apatita de Ipanema, São Paulo. DNPM, Div. Fom. Prad. Min., Bol., **88**:1-52.
- Martin, L. & Suguio, K. (1978) Excursion route along the coastline between the town of Cananéia (State of São Paulo) and Guaratiba outlet (State of Rio de Janeiro). *In: International Symposium on Coast Evolution in the Quaternary, São Paulo, Special Publication*, **2**:1-97.
- Melfi, A.J. (1967) Potassium-argon dates for core samples of basaltic rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **31**:1079-1089.
- Melo, M.S. (1990) A Formação Pariquera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação tectônica e geomorfogênese. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, 211p.
- Middlemost, E.A.K. (1975) The basalt clan. *Earth-Sci. Rev.*, **11**:337-364.
- Morbidelli, L.; Gomes, C.B.; Beccaluva, L.; Brotzu, P.; Conte, A.M.; Ruberti, E.; Traversa, G. (1995) Mineralogical, petrological and geochemical aspects of alkaline and alkaline-carbonatite associations from Brazil. *Earth-Sci. Rev.*, **39**:135-168.
- Morbidelli, L.; Gomes, C.B.; Brotzu, P.; D'Acquarica, S.; Garbarino, C.; Ruberti, E.; Traversa, G. (2000) The Pariquera-Açu K-alkaline complex and southern Brazil lithospheric mantle source characteristics. *J. Asian Earth Sci.*, **18**:129-150.
- Morimoto, N. (1990) Nomenclatura de piroxênios. Tradução do original em Inglês "Nomenclature of pyroxenes" realizada com a permissão da IMA por Gardá, M.G. & Atencio, D. *Rev. Brasil. Geoc.*, **20**:318-328.

- Motoki, A. (1986) Geologia e petrologia do maciço alcalino da Ilha de Vitória, SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP, 245p.
- Neumann, E.R. (1976) Compositional relations among pyroxenes, amphiboles and other mafic phases in the Oslo region plutonic rocks. *Lithos*, **9**:85-109.
- O'Halloran, D.A. (1985) Ras ed Dom migrating ring complex: A-type granites and syenites from the Bayuda Desert, Sudan. *J. Afr. Earth Sci.*, **3**:61-75.
- Petri, S. & Suguio, K. (1971) Some aspects of the Neocenozoic sedimentation in the Cananéia-Iguape lagoonal region, São Paulo, Brazil. *Est. Sedimentol., Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, **1**:25-33.
- Petri, S. & Suguio, K. (1973) Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo, Brazil. Part II: heavy mineral studies, microorganisms inventories and stratigraphical interpretations. *Bol. IG-USP, Sér. Cient.*, **4**:71-85.
- Poçano, W.L. (1981) As coberturas cenozóicas. *In*: Almeida, F.M.F.; Hasui, Y.; Poçano, W.L.; Dantas, A.S.L.; Carneiro, C.D.R.; Melo, M.S.; Bistrichi, C.A. (coord.) Mapa Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000. Nota explicativa, São Paulo IPT, publ. n° 1184, 1:82-96.
- Riccomini, C. (1995) Padrão de fraturamento do maciço alcalino de Cananéia, Estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. *Rev. Brasil. Geoc.*, **25**:79-84.
- Rieder, M. (1999) Nomenclature of the micas. *Mineral. Mag.*, **63**:267-279.
- Ruberti, E. (1984) Petrologia do maciço alcalino no Banhadão, PR. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP, 248p.
- Ruberti, E.; Gomes, C.B.; Melcher, G.C. (2000) Geological and petrological aspects of the Jacupiranga alkaline-carbonatite association, southern Brazil. 31st Int. Geol. Congr., Rio de Janeiro, Brazil, Field Trip Aft 08, p. 1-21.
- Ruberti, E.; Marguti, R.L.; Gomes, C.B. (1991) O Complexo carbonatítico de Jacupiranga, SP: informações gerais. III Cong. Bras. Geoq., São Paulo, Guia de Excursões, p.1-20.
- Ruberti, E.; Scheibe, L.F.; Gomes, C.B. (1988) The Jacupiranga alkaline complex. Int. Conf. "Geochemical Evolution of the Continental Crust", Poços de Caldas, Brazil, Guidebook, p.11-25.
- Schumacher, J.C., (1997) The estimation of ferric iron in electron microprobe analysis of amphiboles. *In*: Leake, B.E. (1997) Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical

- Association Commission on New Minerals and Mineral Names. *Eur. J. Mineral.*, **9**:623-651.
- Silva, A.T.S.F. da; Francesconi, O.; Godoy, A.M.; Chiodi Filho, C; Takashi, A.T.; Alegri, V. Ferreira, J.C.G.; Silva, C.R.; Alves, M.J.; Macedo, A.B.; Fernandes, N.A. (1981) Projeto Integração e detalhe geológico no Vale do Ribeira. Relatório Final - Geologia Integrada. Rel. Int. Com. Pesq. Rec. Min. (CPRM). CONN. DNPM/CPRM. Superintendência Regional de São Paulo, SP, 240p.
- Sørensen, H. (1960) On the agpaitic rocks. *Rep. Int. Geol. Congr.*, Norden, XXI Session, Part XIII, pp.319-327.
- Sousa, M.Z.A. (1997) Petrologia e geoquímica do complexo alcalino Ponta do Morro - MT. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP, 168p.
- Souza, L.A.P. (1995) A planície costeira Cananéia-Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo: um exemplo de utilização de métodos geofísicos no estudo de áreas costeiras. Dissertação de Mestrado, Instituto de Oceanografia da USP, 270p.
- Souza, L.A.P.; Tessler, M.G.; Galli, V.L. (1996) O Gráben de Cananéia. *Rev. Brasil. Geoc.*, **26**:139-150.
- Steiger, R.H. & Jäger, E. (1977) Subcommittee on Geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. *Earth Plan., Sci. Lett.*, **26**:359-362.
- Stephenson, D. (1972) Alkali clinopyroxenes from nepheline syenites of the South Qoroq Centre, South Greenland. *Lithos*, **5**:187-201.
- Streckeisen, A. (1976) To each plutonic rock its proper name. *Earth-Sci. Rev.*, **12**:1-33.
- Suguio, K. & Martin, L. (1978) Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. *In*: International Symposium on Coast Evolution in the Quaternary. Special Publication. The Brazilian National Working Group for the IGCP. Project 61, Instituto de Geociências da USP.
- Suguio, K. & Petri, S. (1973) Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo, Brazil. Part I: Field observations and grain size analysis. *Bol. IG-USP, Sér. Cient.*, **4**:1-20.
- Suguio, K. & Tessler, M.G. (1992) Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). Publicação Especial do Instituto Oceanográfico da USP, **9**:1-33.

- Suguio, K.; Tessler, M.G.; Furtado, V.V.; Esteves, C.A.; Souza, L.A.P. (1987) Perfilagens geofísicas e sedimentação na área submersa entre Cananéia e Barra de Cananéia. *In: I Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira, Cananéia. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. (Publicação ACIESP nº 54-II), 2:234-241.*
- Sun, S-S. & McDonough, W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts. *In: Sunders, A.D. & Norry, M.J. (eds.) Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. Sp. Publ., 42:313-345.*
- Sundaram, D. & Suguio, K. (1983) Nota preliminar sobre uma assembléia mioflorística da Formação Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. *In: Departamento da Produção Mineral, Coleção de Trabalhos Paleontológicos, Brasília, pp.503-506.*
- Tessler, M.G. (1982) Sedimentação lagunar na região de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, 169p.
- Thornton, C.P. & Tuttle, O.F. (1960) Chemistry of igneous rocks differentiation index. *Amer. J. Sci., 258:664-684.*
- Tröger, W.E. (1979) Optical determination of rock-forming minerals. Part 1 — determinative Tables. English Edition of the Fourth German Edition by H.U. Bambuer, F. Taborsky, H.D. Trochim. Transl. by Chr Hoffmann in conjunction with the authors. E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 188p.
- Tuttle, O.F. & Bowen, N.L. (1958) Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. *Geol. Soc. Amer. Mem., 74, 153p.*
- Ulbrich, H.H.G.J. & Gomes, C.B. (1981) Alkaline rocks from continental Brazil. *Earth-Sci. Rev., 17:135-154.*
- Valença, J.G. (1980) Geology, petrography and petrogenesis of some alkaline igneous complexes of Rio de Janeiro State, Brazil. Tese de Doutorado, University of Western Ontario, 248p.
- Velázquez, V.F. (1992) Província Alcalina Central, Paraguai Oriental: aspectos petrográficos, tectônicos e geocronológicos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da USP, 119p.
- Velázquez, V.F. (1996) Província Alcalina Alto Paraguai: características petrográficas, geoquímicas e geocronológicas. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP, 101p.

- Vieira, A.J. (1973) Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. *In: XXVII Congr. Brasil. Geol., Aracajú, Anais* **3**:259-277.
- Wood, D.A.; Tarney, J.; Varet, J.; Saunders, A.D.; Bougault, H.; Joron, J.L.; Treuil, M.; Cann, J.R. (1979) Geochemistry of basalts drilled in the North Atlantic by IPOD Leg49: implications for mantle heterogeneity. *Earth-Plan. Sci. Lett.*, **42**:77-97.

Tabela 2 – Análises químicas de elementos maiores (%) e traços (ppm), juntamente com os valores para a norma CIPW, R1-R2 (cf. De La Roche et al., 1980; De La Roche, 1986), mg# (MgO/MgO+FeO assumindo $Fe^{3+}/Fe^{2+}=0,18$), índice agpaítico (I.A.=Na₂O+K₂O/Al₂O₃; proporção molecular, cf. Sørensen, 1960), índice de cor (I.C.) e índice de diferenciação (I.D.=Q+Or+Ab+Ne+Ks+Lc; cf. Thornton & Tuttle, 1960) para as rochas de Cananéia.

	1 CN-18 Ga	2 CR-10 Tq	3 CN-24 Tq	4 CN-10 Ga	5 CN-07 Qs	6 CN-03 mQs	7 CN-11 Qs	8 IC01/E2 Qs	9 CN-03/C4 S	10 CN-04/A2 S	11 CN-05 mQs
SiO ₂	69,83	68,92	68,76	68,73	68,54	68,52	67,43	67,04	66,65	66,46	66,31
TiO ₂	0,15	0,09	0,11	0,28	0,30	0,17	0,18	0,29	0,21	0,25	0,23
Al ₂ O ₃	16,16	16,56	16,87	16,60	16,73	16,20	17,71	15,91	17,80	17,74	17,57
FeO _T	3,24	3,16	2,77	3,64	3,45	3,56	2,85	4,14	2,10	2,25	3,93
MnO	0,08	0,15	0,10	0,09	0,08	0,05	0,10	0,08	0,03	0,03	0,12
MgO	0,00	0,00	0,00	0,17	0,15	0,00	0,10	0,15	0,01	0,03	0,06
CaO	0,76	0,57	0,46	0,64	0,71	0,59	0,76	0,82	0,26	0,28	0,97
Na ₂ O	5,68	5,81	6,86	5,51	5,76	6,05	5,61	6,00	6,69	6,61	6,34
K ₂ O	3,48	3,95	3,51	3,65	3,86	3,53	4,47	4,88	5,45	5,46	3,90
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03
P.F.	0,61	0,79	0,58	0,67	0,38	1,33	0,79	0,63	0,81	0,88	0,54
Total	99,99	100,00	100,02	100,02	100,00	100,00	100,01	99,99	100,02	100,00	100,00
Cr	5	4	0	3	2	1	0	5	1	2	4
Ni	3	0	1	6	1	5	2	4	2	3	0
Rb	107	146	210	120	124	117	109	149	138	141	97
Sr	17	9	6	74	73	14	29	83	13	13	43
Zr	1048	698	866	627	756	1037	726	912	766	730	851
Y	89	71	89	62	56	110	29	76	66	73	52
Nb	141	120	143	77	87	119	32	100	122	138	81
Ba	89	66	43	1019	825	77	315	897	138	141	306
La	115	114	145	168	114	194	54	119	120	136	104
Ce	211	201	236	256	206	326	95	214	216	239	177
Nd	103	95	118	144	99	143	45	92	81	92	82
Sm	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
Eu	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Gd	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
Tb	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Dy	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Ho	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Er	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Tm	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Yb	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Lu	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Pb	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	325
Th	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
U	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Sc	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
V	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24
Co	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Cu	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	153
Zn	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1044
Pr	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
Q	19,87	16,78	12,68	19,05	16,57	16,50	14,22	9,46	5,12	5,22	9,95
C	1,67	1,70	0,95	2,53	1,88	1,37	2,30	-	0,44	0,47	1,23
or	20,68	23,52	20,85	21,70	22,89	21,13	26,61	29,01	32,46	32,54	23,16
ab	48,34	49,53	58,35	46,91	48,90	51,86	47,83	51,07	57,05	56,41	53,91
an	3,79	2,85	2,29	2,93	3,27	2,97	3,73	2,06	1,23	1,34	4,64
ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
di (Wo)	-	-	-	-	-	-	-	0,71	-	-	-
di (En)	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
di (Fs)	-	-	-	-	-	-	-	0,74	-	-	-
hi (En)	-	-	-	0,42	0,37	-	0,25	0,33	0,02	0,08	0,15
hi (Fs)	4,62	4,71	4,02	5,01	4,67	5,05	4,03	4,97	2,78	2,93	5,55
ol (Fo)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ol (Fa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mt	0,73	0,72	0,63	0,82	0,77	0,80	0,64	0,92	0,46	0,50	0,89
ilm	0,29	0,17	0,21	0,54	0,57	0,33	0,34	0,55	0,40	0,48	0,44
ap	-	-	-	0,09	0,09	-	0,02	0,11	0,02	0,02	0,07
R1	1731,63	1518,56	1248,62	1664,47	1518,72	1491,92	1374,85	1075,92	730,35	738,56	1143,31
R2	398,29	385,78	380,07	402,56	411,61	380,86	433,68	407,32	377,38	379,34	451,44
mg#	0,00	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	0,07	0,07	0,01	0,03	0,03
I.A.	0,81	0,84	0,89	0,78	0,82	0,85	0,79	0,95	0,95	0,95	0,83
I.C.	5,63	5,61	4,86	6,78	6,38	6,17	5,27	8,27	3,67	3,98	7,03
I.D.	88,89	89,83	91,89	87,65	88,36	89,49	88,66	89,53	94,62	94,17	87,02

Tabela 2 – Continuação.

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	IC01/C1	CN-41c	CN-04/D1	CN-05/A1	CN-04/D2	CN-04/B2	CN-03/B2	CN-09/B2	CN-01/C2	CN-05/B1	CN-20
	Qs	Tqt	S	S	S	S	S	S	S	S	Qm
SiO ₂	66,22	66,16	66,02	65,23	65,00	64,90	64,75	64,55	64,50	64,42	63,71
TiO ₂	0,33	0,23	0,09	0,19	0,15	0,13	0,14	0,26	0,37	0,28	0,71
Al ₂ O ₃	16,09	16,78	18,24	17,55	17,93	17,55	17,47	16,96	17,16	16,91	16,48
FeO _T	4,78	4,99	2,26	3,58	3,52	3,44	3,71	4,14	4,07	5,07	5,79
MnO	0,08	0,18	0,04	0,03	0,07	0,13	0,12	0,22	0,10	0,07	0,14
MgO	0,21	0,06	0,00	0,04	0,04	0,03	0,05	0,11	0,30	0,06	1,28
CaO	0,78	0,98	0,05	0,38	0,13	0,33	0,19	1,08	1,20	0,50	2,45
Na ₂ O	5,92	6,02	7,11	6,70	6,89	7,18	6,78	6,40	6,21	6,36	5,31
K ₂ O	4,74	3,80	5,28	5,47	5,23	4,95	5,33	5,50	5,37	5,35	3,27
P ₂ O ₅	0,07	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,06	0,03	0,14
P.F.	0,78	0,77	0,89	0,82	1,01	1,33	1,44	0,76	0,66	0,95	0,71
Total	100,00	99,99	99,99	100,00	99,99	99,98	100,00	100,01	100,00	100,00	99,99
Cr	8	5	0	2	0	1	3	0	5	0	7
Ni	3	4	7	3	6	3	2	6	5	5	5
Rb	140	101	156	97	150	155	170	111	122	133	100
Sr	89	16	13	10	14	17	25	5	59	10	165
Zr	820	784	540	181	577	717	708	210	1343	557	383
Y	83	65	47	34	59	77	69	28	193	62	38
Nb	96	102	66	34	67	90	96	32	85	92	52
Ba	980	203	176	289	202	198	268	59	637	263	1155
La	132	146	121	63	207	157	169	32	217	162	54
Ce	203	258	151	62	358	265	270	68	290	215	105
Nd	106	120	74	45	133	100	103	34	132	120	53
Sm	-	-	-	-	-	16	-	7	22	-	-
Eu	-	-	-	-	-	1	-	1	3	-	-
Gd	-	-	-	-	-	15	-	8	26	-	-
Tb	-	-	-	-	-	2	-	1	4	-	-
Dy	-	-	-	-	-	10	-	4	22	-	-
Ho	-	-	-	-	-	2	-	1	5	-	-
Er	-	-	-	-	-	5	-	2	14	-	-
Tm	-	-	-	-	-	1	-	0	3	-	-
Yb	-	-	-	-	-	5	-	3	14	-	-
Lu	-	-	-	-	-	1	-	0	2	-	-
Pb	-	-	-	-	-	270	-	67	126	-	-
Th	-	-	-	-	-	17	-	5	14	-	-
U	-	-	-	-	-	5	-	3	4	-	-
Sc	-	-	-	-	-	2	-	4	5	-	-
V	-	-	-	-	-	19	-	18	17	-	-
Co	-	-	-	-	-	1	-	2	2	-	-
Cu	-	-	-	-	-	46	-	8	9	-	-
Zn	-	-	-	-	-	299	-	205	133	-	-
Pr	-	-	-	-	-	24	-	7	27	-	-
Q	8,96	11,28	2,94	2,28	2,37	1,33	2,08	2,03	3,04	2,80	10,20
C	-	1,03	0,76	-	0,75	-	0,25	-	-	-	0,08
or	28,21	22,62	31,48	32,58	31,21	29,64	31,94	32,73	31,93	31,90	19,45
ab	50,45	51,30	60,69	57,13	58,87	61,56	58,18	54,53	52,87	54,29	45,22
an	3,34	4,77	0,18	1,65	0,52	1,03	0,82	1,30	3,09	1,79	11,31
ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
di (Wo)	0,04	-	-	0,08	-	0,23	-	1,63	1,05	0,21	-
di (En)	0,00	-	-	0,00	-	0,00	-	0,08	0,14	0,01	-
di (Fs)	0,04	-	-	0,08	-	0,26	-	1,75	1,01	0,24	-
hi (En)	0,52	0,15	-	0,10	0,10	0,07	0,13	0,19	0,61	0,15	3,20
hi (Fs)	6,55	7,21	3,23	4,90	5,04	4,80	5,43	4,23	4,50	6,86	7,53
ol (Fo)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ol (Fa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mt	1,07	1,14	0,50	0,79	0,79	0,79	0,85	0,96	0,91	1,13	1,30
ilm	0,63	0,44	0,17	0,36	0,29	0,25	0,27	0,50	0,71	0,54	1,36
ap	0,15	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04	0,07	0,13	0,07	0,31
R1	1063,63	1240,81	577,66	586,84	562,92	521,61	556,86	623,63	717,34	637,93	1419,24
R2	409,56	437,02	363,00	386,83	367,50	380,97	365,41	453,76	480,04	388,14	649,64
mg#	0,08	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,13	0,02	0,31
I.A.	0,92	0,84	0,95	0,97	0,95	0,98	0,97	0,97	0,93	0,96	0,74
I.C.	9,06	8,96	3,90	6,34	6,22	6,45	6,69	9,45	9,11	9,23	13,74
I.D.	87,61	85,16	95,11	92,02	92,44	92,54	92,18	89,28	87,82	89,01	74,73

Tabela 2 – Continuação.

	23 CN-10/C2 S	24 CN-07/B2 S	25 CN-01/B2 S	26 CN-07/A2 S	27 CN-10/B2 S	28 CN-08/A2 S	29 CN-06/B2 S	30 CN-08/B2 S	31 CN-06/B1 S	32 CN-09/A2 S
SiO ₂	63,59	63,46	63,21	62,77	62,45	60,71	60,55	60,54	60,25	59,07
TiO ₂	0,43	0,65	0,49	0,67	0,69	0,92	0,92	0,96	0,93	0,32
Al ₂ O ₃	17,10	16,60	16,26	16,42	19,37	16,41	16,50	16,39	16,41	14,91
FeO _T	5,10	5,07	5,68	5,68	6,29	6,83	6,80	7,01	6,95	12,61
MnO	0,18	0,10	0,19	0,16	0,22	0,16	0,15	0,16	0,15	0,47
MgO	0,36	0,90	0,52	0,90	0,50	1,54	1,47	1,56	1,55	0,23
CaO	2,05	1,94	1,53	2,10	2,22	3,11	3,26	3,33	3,54	1,45
Na ₂ O	6,05	5,61	5,97	5,61	5,73	5,65	5,48	5,54	5,46	5,77
K ₂ O	4,55	4,95	5,31	4,85	4,66	3,99	3,91	3,87	3,74	4,96
P ₂ O ₅	0,12	0,15	0,07	0,13	0,17	0,24	0,20	0,24	0,24	0,09
P.F.	0,49	0,58	0,78	0,69	0,71	0,45	0,75	0,40	0,78	0,11
Total	100,02	100,01	99,52	99,98	103,01	100,01	99,99	100,00	100,00	99,99
Cr	5	7	5	4	10	16	8	8	11	0
Ni	8	5	1	9	9	10	13	14	10	6
Rb	73	115	114	115	72	104	87	83	78	123
Sr	182	124	58	144	156	222	245	247	249	3
Zr	207	504	1165	472	330	581	358	337	322	269
Y	26	39	79	53	42	73	147	53	46	39
Nb	35	42	77	65	56	70	45	51	48	46
Ba	2242	1179	666	1310	1995	1334	1461	1429	1434	64
La	26	45	120	46	39	59	63	62	50	49
Ce	43	78	194	92	68	94	87	91	95	102
Nd	16	33	70	45	31	45	46	47	43	54
Sm	6	-	-	-	-	-	-	9	17	9
Eu	1	-	-	-	-	-	-	3	2	2
Gd	7	-	-	-	-	-	-	11	17	10
Tb	1	-	-	-	-	-	-	2	3	2
Dy	5	-	-	-	-	-	-	9	15	4
Ho	1	-	-	-	-	-	-	2	3	1
Er	2	-	-	-	-	-	-	5	9	3
Tm	1	-	-	-	-	-	-	1	2	1
Yb	3	-	-	-	-	-	-	5	9	5
Lu	0	-	-	-	-	-	-	1	1	1
Pb	130	-	-	-	-	-	-	115	122	85
Th	6	-	-	-	-	-	-	10	19	6
U	2	-	-	-	-	-	-	2	5	43
Sc	8	-	-	-	-	-	-	10	1	5
V	26	-	-	-	-	-	-	50	18	21
Co	2	-	-	-	-	-	-	7	5	1
Cu	61	-	-	-	-	-	-	31	43	87
Zn	51	-	-	-	-	-	-	83	140	137
Pr	6	-	-	-	-	-	-	10	21	11
Q	3,95	4,57	1,92	3,67	3,50	1,69	2,48	2,10	2,42	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
or	27,00	29,40	31,60	28,84	27,71	23,66	23,26	22,94	22,25	29,29
ab	51,40	47,71	50,87	47,77	48,78	47,97	46,68	47,02	46,52	44,70
an	6,07	5,50	1,88	5,31	5,20	7,64	8,92	8,43	9,27	0,12
ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,21
di (Wo)	1,40	1,33	2,21	1,80	1,99	2,61	2,52	2,74	2,85	2,70
di (En)	0,17	0,36	0,34	0,44	0,28	0,83	0,78	0,86	0,90	0,09
di (Fs)	1,36	1,04	2,06	1,47	1,89	1,88	1,84	1,98	2,06	2,96
hi (En)	0,72	1,89	0,96	1,81	0,97	3,00	2,89	3,02	2,97	-
hi (Fs)	5,66	5,46	5,75	5,99	6,52	6,83	6,84	6,92	6,82	-
ol (Fo)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34
ol (Fa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,05
mt	1,16	1,13	1,29	1,28	1,43	1,54	1,53	1,57	1,56	2,87
ilm	0,82	1,24	0,94	1,28	1,32	1,75	1,76	1,83	1,78	0,61
ap	0,26	0,33	0,15	0,29	0,37	0,53	0,44	0,53	0,53	0,20
R1	875,25	924,43	682,82	884,39	847,50	895,94	965,16	945,73	987,62	371,45
R2	572,94	578,35	508,75	591,96	642,66	731,98	746,32	756,16	778,55	459,21
mg#	0,13	0,27	0,16	0,25	0,14	0,32	0,31	0,32	0,32	0,04
I.A.	0,87	0,88	0,96	0,88	0,75	0,83	0,80	0,81	0,79	1,00
I.C.	11,68	12,91	13,80	14,48	14,93	19,21	18,80	19,68	19,71	21,97
I.D.	82,28	81,60	84,35	80,21	79,88	73,17	72,28	71,89	71,02	77,94

Legenda: **Morro de São João** - intrusivas: amostras 7 (CN-11), 9 (CN-03/C2), 10 (CN-04/A2), 14 (CN-04/D1) a 32 (CN-09/A2); **hipoabissais**: 1 (CN-18), 2 (CR-10), 3 (CN-24), 6 (CN-03), 11 (CN-05) e 13 (CN-41c); **Morrete**: amostras 4 (CN-10), 5 (CN-07), 8 (IC-01/E2) e 12 (IC-01/C2). Classificação química segundo De La Roche *et al.* (1980) e De La Roche (1986). Abreviações: S, sienito (álcali feldspato sienito com base em dados modais, cf. Streckeisen, 1976); Qs, quartzo sienito (quartzo-álcali feldspato sienito, ver informação anterior); mQs, quartzo sienito (microsienito, ver informação anterior); Ga, granito alcalino; Qm, quartzo monzonito; Tq, traquito.

Tabela 3 - Composição química de feldspatos alcalinos e plagioclásios dos álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais; p, pertita; h, hospedeiro; lam, lamela hospede; incl, inclusão; pl, plagioclásio; f, fenocristal; m, matriz; v, veio.

Amostra	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	6-11	6-12	7-13	7-14	8-15	8-16	9-17
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b
Mineral	p	p	pl	pl	p	p	lam	h	p	p	p	p	lam	h	lam	h	p
SiO ₂	67,30	65,17	54,20	54,69	64,02	63,44	63,77	65,30	68,38	65,52	62,94	66,21	67,50	65,89	66,81	66,23	65,50
TiO ₂	0,00	0,05	0,08	0,05	0,05	0,05	0,00	0,04	0,02	0,00	0,18	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	20,55	22,10	28,89	29,27	18,21	18,26	23,06	19,03	18,94	20,98	17,31	18,66	20,62	18,37	18,61	18,42	18,61
Fe ₂ O ₃	0,16	0,15	0,02	0,08	0,77	1,50	0,11	0,08	0,18	0,13	3,94	0,17	0,09	0,39	0,45	0,23	0,64
MnO	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,88	0,03	0,06	0,00	0,00	0,09	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02
CaO	1,44	3,05	11,03	11,48	0,08	0,44	4,27	0,29	0,13	0,19	1,11	0,06	1,59	0,03	0,13	0,03	0,06
BaO	0,00	0,12	0,00	0,02	0,25	0,23	0,24	0,63	0,19	0,20	0,33	0,14	0,07	0,21	0,20	0,10	0,35
Na ₂ O	10,73	9,66	5,10	4,97	2,56	3,31	8,81	3,69	9,30	7,40	2,96	4,93	10,41	1,37	4,93	3,33	2,35
K ₂ O	0,29	0,57	0,14	0,17	13,08	10,91	0,46	11,28	3,39	5,29	10,74	9,85	0,23	14,75	9,78	11,91	13,29
Cl	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	100,50	100,87	99,48	100,75	99,02	99,02	100,77	100,41	100,54	99,71	99,66	100,03	100,58	101,00	100,95	100,25	100,82
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																	
T	Si	11,751	11,415	9,828	9,801	11,898	11,775	11,213	11,888	12,031	11,705	11,888	11,984	11,764	12,011	11,989	12,029
	Ti	0,000	0,006	0,011	0,007	0,007	0,007	0,000	0,005	0,003	0,000	0,025	0,000	0,005	0,000	0,005	0,001
	Al	4,226	4,559	6,168	6,178	3,985	3,991	4,776	4,079	3,923	4,415	3,786	3,977	4,232	3,944	3,932	3,940
	Fe ³⁺	0,021	0,019	0,003	0,011	0,108	0,210	0,015	0,011	0,024	0,017	0,550	0,023	0,011	0,053	0,060	0,087
	Σ _T	15,998	15,999	16,010	15,997	15,998	15,983	16,004	15,983	15,981	16,137	16,049	15,984	16,012	16,008	15,986	16,017
M1	Mn	0,003	0,000	0,001	0,003	0,000	0,139	0,004	0,010	0,000	0,000	0,014	0,002	0,006	0,000	0,000	0,003
	Ca	0,270	0,572	2,143	2,205	0,015	0,088	0,805	0,056	0,025	0,036	0,222	0,012	0,296	0,005	0,024	0,011
	Ba	0,000	0,008	0,000	0,002	0,018	0,017	0,016	0,045	0,013	0,014	0,024	0,010	0,005	0,015	0,014	0,025
	Na	3,633	3,281	1,794	1,728	0,923	1,190	3,004	1,303	3,174	2,565	1,066	1,731	3,517	0,484	1,716	0,830
	K	0,065	0,128	0,033	0,039	3,102	2,582	0,104	2,619	0,761	1,205	2,545	2,274	0,051	3,431	2,239	3,089
	Cl	0,000	0,002	0,002	0,000	0,001	0,000	0,005	0,002	0,000	0,003	0,020	0,001	0,003	0,000	0,000	0,003
	Σ _{M1}	3,971	3,991	3,973	3,977	4,059	4,016	3,938	4,035	3,973	3,823	3,891	4,030	3,878	3,935	3,945	3,961
Total de cátions		19,969	19,990	19,983	19,974	20,057	19,999	19,942	20,018	19,954	19,960	19,940	20,014	19,890	19,943	19,979	19,978
Componentes moleculares																	
Ab		91,56	82,42	45,19	43,50	22,85	30,83	76,77	32,76	80,15	67,39	27,81	43,09	91,02	12,35	43,13	21,12
An		6,80	14,37	53,98	55,51	0,37	2,28	20,57	1,41	0,63	0,95	5,79	0,30	7,66	0,13	0,60	0,28
Or		1,64	3,22	0,83	0,98	76,78	66,89	2,66	85,84	19,22	31,66	66,40	56,61	1,32	87,53	56,27	78,60

Tabela 3 - Continuação.

Amostra		CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2
Cristal-Análise		9-18	10-19	10-20	11-21	11-22	12-23	12-24	13-25	13-26	14-27	14-28	15-29	15-30	15-31	16-32	16-33	17-34
Localização		c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	i	c	b	c	b
Mineral		p	p	p	p	p	lam	h	lam	h	p	p	pl	pl	pl	p	p	p
SiO ₂		65,49	66,21	68,10	66,69	68,30	67,63	66,07	66,48	65,04	67,38	67,37	67,80	67,05	66,79	66,22	66,66	67,42
TiO ₂		0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00	0,00	0,04	0,12	0,06	0,01	0,03	0,05	0,06
Al ₂ O ₃		18,46	21,59	20,19	19,93	19,44	18,85	19,15	20,43	18,17	19,76	19,83	19,92	19,70	19,87	20,66	20,66	19,73
Fe ₂ O ₃		0,19	0,38	0,38	0,99	0,11	0,10	0,12	0,17	0,05	0,11	0,08	0,10	0,13	0,11	0,51	0,37	0,10
MnO		0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,28	0,01	0,00	0,00
CaO		0,00	0,65	1,08	1,30	0,58	0,16	0,09	1,01	0,01	0,92	1,12	1,07	1,02	1,03	1,85	1,83	1,17
BaO		0,35	0,00	0,11	0,00	0,17	0,04	0,14	0,00	0,25	0,00	0,13	0,00	0,00	0,06	0,03	0,22	0,08
Na ₂ O		1,25	10,25	10,73	10,57	9,42	5,34	3,20	10,46	1,21	11,03	10,65	10,68	10,88	10,99	10,11	9,96	9,88
K ₂ O		15,13	0,64	0,26	0,29	2,69	8,74	11,99	0,48	15,28	0,20	0,71	0,33	0,26	0,25	0,42	0,70	1,31
Cl		0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
Total		100,91	99,74	100,85	99,85	100,74	100,85	100,84	99,06	100,05	99,39	99,96	100,02	99,10	99,40	99,85	100,43	99,75
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																		
T	Si	11,986	11,636	11,837	11,749	11,964	12,048	11,935	11,763	12,009	11,872	11,845	11,866	11,856	11,806	11,664	11,690	11,878
	Ti	0,000	0,001	0,000	0,006	0,000	0,000	0,010	0,003	0,000	0,000	0,005	0,016	0,008	0,001	0,005	0,006	0,008
	Al	3,979	4,470	4,132	4,134	4,012	3,954	4,074	4,256	3,951	4,100	4,105	4,106	4,102	4,137	4,286	4,267	4,094
	Fe ³⁺	0,026	0,050	0,050	0,131	0,015	0,013	0,017	0,023	0,007	0,014	0,011	0,013	0,018	0,015	0,067	0,048	0,014
	Σ _T	15,991	16,157	16,019	16,020	15,991	16,015	16,036	16,045	15,967	15,986	15,966	16,001	15,984	15,959	16,022	16,011	15,994
M1	Mn	0,003	0,000	0,000	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000	0,000	0,042	0,002	0,000	0,000
	Ca	0,000	0,122	0,201	0,244	0,109	0,030	0,017	0,192	0,002	0,174	0,210	0,201	0,192	0,195	0,349	0,343	0,221
	Ba	0,025	0,000	0,007	0,000	0,011	0,003	0,010	0,000	0,018	0,000	0,009	0,000	0,000	0,004	0,002	0,015	0,006
	Na	0,442	3,493	3,618	3,611	3,201	1,846	1,122	3,590	0,433	3,767	3,632	3,625	3,731	3,767	3,453	3,385	3,375
	K	3,532	0,144	0,057	0,065	0,601	1,986	2,763	0,109	3,600	0,045	0,159	0,074	0,059	0,056	0,094	0,156	0,295
	Cl	0,006	0,007	0,001	0,007	0,001	0,000	0,003	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,002	0,000
Σ _{M1}		4,008	3,766	3,884	3,930	3,928	3,865	3,915	3,891	4,063	3,986	4,014	3,900	3,982	4,069	3,900	3,901	3,897
Total de cátions		19,999	19,923	19,903	19,950	19,919	19,880	19,951	19,936	20,030	19,972	19,980	19,901	19,966	20,028	19,922	19,912	19,891
Componentes moleculares																		
Ab		11,12	92,92	93,34	92,12	81,85	47,80	28,75	92,26	10,73	94,51	90,78	92,95	93,70	93,75	88,63	87,15	86,74
An		0,00	3,25	5,19	6,22	2,79	0,78	0,44	4,93	0,05	4,37	5,25	5,15	4,82	4,85	8,96	8,83	5,68
Or		88,88	3,83	1,47	1,66	15,37	51,42	70,81	2,80	89,22	1,13	3,97	1,90	1,48	1,39	2,41	4,02	7,58

Tabela 3 - Continuação.

Amostra	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2
Cristal-Análise	17-35	18-36	18-37	19-38	19-39	20-40	20-41	21-42	21-43	22-44	22-45	22-45	23-46	23-47	24-44	24-49	24-50	24-51
Localização	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	c	b	c	b	c	b	c
Mineral	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	lam	h	h	h	lam	lam
SiO ₂	65,21	66,30	66,76	65,70	65,65	66,47	64,95	65,83	66,39	65,07	64,94	67,07	65,50	65,43	64,59	67,42	68,28	
TiO ₂	0,04	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
Al ₂ O ₃	21,10	20,63	20,47	20,65	20,65	20,89	21,30	20,84	20,94	21,12	22,03	19,02	18,35	17,97	17,70	18,22	18,93	
Fe ₂ O ₃	0,16	0,44	0,18	0,27	0,11	0,32	0,17	0,39	0,10	0,15	0,17	1,10	0,80	0,61	1,06	2,44	0,42	
MnO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,03	0,08	0,02	
CaO	2,55	1,98	1,60	2,03	1,91	1,97	2,86	2,23	2,03	2,66	3,15	0,13	0,07	0,00	0,05	0,50	0,14	
BaO	0,15	0,00	0,01	0,15	0,24	0,00	0,07	0,00	0,14	0,27	0,41	0,17	0,21	0,06	0,10	0,10	0,02	
Na ₂ O	9,82	10,50	10,60	10,08	10,14	10,27	9,61	10,18	10,32	9,65	9,16	8,64	3,98	1,70	1,91	10,21	11,06	
K ₂ O	0,44	0,26	0,32	0,38	0,54	0,32	0,46	0,39	0,29	0,56	0,74	4,33	10,65	14,11	13,95	1,53	0,79	
Cl	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	
Total	99,50	100,17	99,95	99,32	99,24	100,28	99,47	99,86	100,21	99,54	100,62	100,54	99,61	99,92	99,41	100,53	99,70	
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																		
T	Si	11,555	11,648	11,730	11,644	11,655	11,653	11,514	11,608	11,651	11,542	11,423	11,893	11,965	12,032	11,979	11,898	12,009
	Ti	0,005	0,008	0,000	0,008	0,000	0,000	0,005	0,001	0,000	0,005	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
	Al	4,403	4,269	4,236	4,309	4,317	4,312	4,446	4,328	4,327	4,412	4,563	3,973	3,948	3,892	3,866	3,787	3,922
	Fe ³⁺	0,021	0,058	0,024	0,036	0,015	0,042	0,023	0,052	0,013	0,020	0,022	0,146	0,110	0,085	0,147	0,324	0,055
	Σ _T	15,984	15,983	15,980	15,997	15,987	16,007	15,988	15,989	15,991	15,979	16,008	16,021	16,023	16,009	15,992	16,009	15,988
M1	Mn	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,002	0,000	0,002	0,003	0,001	0,000	0,002	0,005	0,005	0,011	0,003
	Ca	0,485	0,373	0,301	0,385	0,363	0,370	0,543	0,421	0,382	0,506	0,594	0,025	0,013	0,000	0,010	0,094	0,026
	Ba	0,010	0,000	0,001	0,010	0,017	0,000	0,005	0,000	0,009	0,019	0,028	0,011	0,015	0,004	0,007	0,007	0,001
	Na	3,374	3,576	3,611	3,464	3,490	3,492	3,303	3,480	3,511	3,318	3,123	2,970	1,410	0,605	0,687	3,493	3,773
	K	0,099	0,057	0,071	0,087	0,123	0,072	0,104	0,089	0,064	0,127	0,166	0,980	2,483	3,309	3,301	0,345	0,177
	Cl	0,004	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,008	0,006	0,010	0,005	0,010	0,007	
	Σ _{M1}	3,975	4,008	3,987	3,946	3,993	3,939	3,960	3,990	3,968	3,973	3,920	3,992	3,933	3,928	4,020	3,960	3,987
Total de cátions		19,959	19,991	19,977	19,943	19,980	19,946	19,948	19,979	19,959	19,952	19,928	20,013	19,956	19,937	20,012	19,969	19,975
Componentes moleculares																		
Ab		85,25	89,27	90,66	88,01	87,78	88,76	83,62	87,22	88,73	83,98	80,43	74,72	36,10	15,46	17,18	88,84	94,89
An		12,25	9,31	7,56	9,78	9,13	9,41	13,75	10,55	9,65	12,81	15,30	0,63	0,33	0,00	0,25	2,39	0,65
Or		2,50	1,42	1,78	2,21	3,09	1,83	2,63	2,23	1,62	3,21	4,28	24,65	63,57	84,54	82,57	8,77	4,45

Tabela 3 - Continuação.

Amostra	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20
Cristal-Análise	25-52	25-53	25-54	25-55	26-56	26-57	27-58	27-59	27-60	28-61	28-62	29-63	29-64
Localização	b	c	b	c	b	c	b	i	c	b	c	b	c
Mineral	lam	lam	h	lam	lam	lam	pl	pl	pl	h	lam	lam	h
SiO ₂	65,76	66,15	65,47	69,09	65,31	65,00	59,67	62,66	63,76	65,69	67,99	68,12	65,25
TiO ₂	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,03	0,11	0,00	0,03	0,07
Al ₂ O ₃	18,16	18,41	18,19	18,88	18,48	18,32	25,31	23,20	22,24	18,91	20,07	19,19	18,07
Fe ₂ O ₃	1,16	0,92	0,15	0,50	0,37	1,46	0,10	0,18	0,13	0,15	0,12	0,14	0,43
MnO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,11	0,11	0,03	0,10	0,09	0,29	6,90	4,57	3,42	0,08	0,98	0,33	0,02
BaO	0,00	0,11	0,11	0,00	0,22	0,50	0,13	0,44	0,12	0,22	0,08	0,06	0,07
Na ₂ O	5,94	4,90	2,55	10,79	2,66	4,80	7,16	8,22	9,05	4,48	10,68	10,45	1,48
K ₂ O	8,03	9,18	13,00	0,78	12,37	9,12	0,38	0,70	0,43	10,09	0,23	1,68	14,30
Cl	0,05	0,01	0,02	0,02	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00
Total	99,24	99,93	99,53	100,16	99,56	99,53	99,72	99,99	99,18	99,76	100,16	100,00	99,68
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios													
T	Si	11,959	11,969	12,032	12,069	11,986	11,883	10,672	11,137	11,348	11,937	11,876	11,979
	Ti	0,000	0,018	0,000	0,001	0,000	0,000	0,008	0,001	0,004	0,014	0,000	0,009
	Al	3,889	3,923	3,938	3,883	3,994	3,945	5,330	4,856	4,661	4,048	4,129	3,975
	Fe ³⁺	0,158	0,125	0,021	0,066	0,051	0,201	0,014	0,024	0,017	0,020	0,015	0,018
	Σ _T	16,006	16,035	15,991	16,019	16,031	16,029	16,024	16,018	16,030	16,019	16,020	15,976
M1	Mn	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Ca	0,021	0,022	0,006	0,019	0,018	0,056	1,323	0,871	0,652	0,015	0,183	0,063
	Ba	0,000	0,008	0,008	0,000	0,016	0,036	0,009	0,031	0,009	0,016	0,005	0,004
	Na	2,095	1,720	0,909	3,653	0,945	1,700	2,484	2,833	3,122	1,579	3,618	3,564
	K	1,864	2,118	3,048	0,173	2,897	2,127	0,086	0,159	0,098	2,340	0,052	0,377
	Cl	0,014	0,003	0,006	0,007	0,014	0,005	0,003	0,004	0,002	0,012	0,000	0,000
	Σ _{M1}	3,999	3,871	3,977	3,852	3,890	3,928	3,905	3,898	3,883	3,962	3,858	4,008
Total de cátions		20,005	19,906	19,968	19,871	19,921	19,957	19,929	19,916	19,913	19,981	19,878	19,984
Componentes moleculares													
Ab		52,64	44,56	22,94	95,01	24,48	43,78	63,81	73,34	80,63	40,14	93,90	89,01
An		0,53	0,57	0,15	0,49	0,47	1,44	33,98	22,55	16,84	0,38	4,75	1,57
Or		46,83	54,87	76,91	4,50	75,05	54,78	2,21	4,12	2,53	59,48	1,35	9,42

Tabela 4 - Composição química de feldspatos alcalinos e plagioclásios dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 3.

Amostra	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN04/B2
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	6-11	6-12	7-13	7-14	8-15	8-16	9-17	
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	
Mineral	p	p	p	p	lam	h	lam	lam	incl	incl	p	p	lam	lam	p	p	lam	
SiO ₂	65,13	66,75	69,36	66,43	67,41	64,76	69,28	67,37	65,94	68,54	68,49	66,74	66,76	67,00	68,15	65,94	68,26	
TiO ₂	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,07	0,00	0,00	0,13	0,00	
Al ₂ O ₃	17,73	18,47	19,00	18,14	18,56	18,21	18,87	18,61	18,59	19,47	19,84	20,03	18,47	18,21	18,83	18,14	19,28	
Fe ₂ O ₃	0,05	0,40	0,50	0,71	0,40	0,13	0,47	0,42	0,48	0,23	0,03	0,10	0,41	0,56	0,51	1,11	0,20	
MnO	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	
CaO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,00	0,12	0,61	0,10	0,04	0,06	0,00	
BaO	0,13	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,13	0,00	0,12	0,61	0,10	0,04	0,06	0,00	
Na ₂ O	1,18	5,65	11,26	5,04	6,29	0,42	11,51	6,33	4,20	9,98	11,17	9,56	6,30	5,91	9,05	5,74	11,49	
K ₂ O	14,78	8,50	0,19	9,32	7,42	16,38	0,14	7,49	10,78	2,63	0,30	2,28	7,79	8,26	3,77	7,87	0,16	
Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
Total	99,01	99,79	100,34	99,72	100,10	99,96	100,28	100,27	100,09	101,08	100,33	99,73	100,44	100,05	100,39	99,02	99,45	
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																		
T	Si	12,095	12,032	12,066	12,036	12,054	11,993	12,068	12,041	11,968	11,967	11,935	11,815	11,996	12,052	12,022	11,987	11,992
	Ti	0,004	0,000	0,002	0,000	0,003	0,006	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,009	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000
	Al	3,877	3,920	3,893	3,871	3,908	3,972	3,872	3,916	3,974	4,003	4,070	4,176	3,908	3,859	3,911	3,883	3,990
	Fe ³⁺	0,007	0,055	0,065	0,097	0,053	0,018	0,061	0,056	0,065	0,030	0,004	0,013	0,056	0,075	0,068	0,152	0,026
Σ _T		15,983	16,007	16,026	16,004	16,018	15,989	16,001	16,014	16,008	16,000	16,009	16,013	15,969	15,986	16,001	16,040	16,008
M1	Mn	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,000	0,000	0,002	0,000
	Ca	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,019	0,093	0,151	0,000	0,004	0,006	0,002	0,012
	Ba	0,009	0,000	0,001	0,005	0,000	0,000	0,000	0,004	0,003	0,009	0,000	0,008	0,043	0,007	0,003	0,004	0,000
	Na	0,424	1,975	3,798	1,771	2,181	0,150	3,886	2,192	1,479	3,379	3,773	3,283	2,196	2,061	3,097	2,023	3,915
	K	3,500	1,954	0,042	2,154	1,692	3,870	0,030	1,707	2,497	0,587	0,066	0,515	1,785	1,895	0,848	1,825	0,035
	Cl	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,004	0,002	0,003	0,002	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
	Σ _{M1}	3,933	3,933	3,843	3,933	3,873	4,024	3,919	3,906	3,987	3,994	3,935	3,964	4,029	3,967	3,954	3,856	3,964
Total de cátions	19,916	19,940	19,869	19,937	19,891	20,013	19,920	19,920	19,995	19,994	19,944	19,977	19,998	19,953	19,955	19,896	19,972	
Componentes moleculares																		
Ab	10,81	50,25	98,91	45,12	56,31	3,73	99,23	56,22	37,14	84,79	95,96	83,13	55,16	52,05	78,39	52,55	98,81	
An	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,48	2,37	3,82	0,00	0,10	0,15	0,05	0,30	
Or	89,19	49,72	1,09	54,88	43,69	96,27	0,77	43,78	62,71	14,73	1,68	13,04	44,84	47,85	21,46	47,40	0,80	

Tabela 4 - Continuação.

Amostra	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2
Cristal-Análise	9-18	10-19	10-20	11-21	11-22	12-23	12-24	12-25	13-26	13-27	14-28	14-29	15-30	15-31	16-32	16-33
Localização	c	b	c	b	c	b	i	c	b	c	b	c	b	c	b	c
Mineral	lam	inc	inc	p	p	p	p	p	p	p	pl	pl	p	p	lam	h
SiO ₂	67,73	67,92	68,26	67,59	67,38	67,74	67,53	67,22	67,14	68,69	68,96	68,56	66,59	66,79	68,39	68,68
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	19,81	19,13	19,40	19,18	19,10	18,99	19,36	19,39	19,04	19,68	19,36	19,38	19,06	18,92	19,47	19,35
Fe ₂ O ₃	0,03	0,44	0,27	0,15	0,15	0,31	0,27	0,25	0,46	0,19	0,36	0,43	0,27	0,34	0,28	0,23
MnO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04
CaO	0,40	0,04	0,14	0,08	0,06	0,03	0,08	0,25	0,04	0,30	0,04	0,12	0,04	0,05	0,12	0,09
BaO	0,00	0,00	0,11	0,00	0,06	0,05	0,00	0,07	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	11,19	11,37	11,08	11,33	10,99	7,59	7,72	7,95	7,90	11,63	11,45	11,43	6,63	6,79	11,38	11,26
K ₂ O	0,13	0,18	0,52	0,11	0,17	5,72	5,78	5,25	5,22	0,20	0,26	0,17	7,48	6,90	0,23	0,32
Cl	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
Total	99,31	99,09	99,82	98,43	97,94	100,42	100,75	100,36	99,80	100,80	100,45	100,13	100,07	99,77	99,87	99,98
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																
T	Si	11,915	11,986	11,974	11,989	12,008	12,012	11,948	11,927	11,969	11,935	12,002	11,975	11,942	11,978	12,004
	Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Al	4,105	3,975	4,008	4,006	4,008	3,965	4,034	4,052	3,997	4,027	3,967	3,987	4,026	3,995	3,984
	Fe ³⁺	0,003	0,058	0,036	0,019	0,020	0,042	0,036	0,033	0,062	0,025	0,047	0,057	0,036	0,045	0,030
	Σ _T	16,023	16,019	16,018	16,014	16,036	16,019	16,018	16,012	16,028	15,987	16,016	16,019	16,004	16,018	16,018
M1	Mn	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,003	0,000	0,000	0,006
	Ca	0,076	0,007	0,026	0,015	0,011	0,005	0,016	0,047	0,008	0,055	0,007	0,022	0,008	0,009	0,017
	Ba	0,000	0,000	0,007	0,000	0,006	0,003	0,000	0,005	0,000	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
	Na	3,818	3,890	3,767	3,898	3,799	2,608	2,649	2,734	2,732	3,918	3,863	3,870	2,304	2,361	3,814
	K	0,029	0,041	0,117	0,026	0,038	1,294	1,304	1,188	1,186	0,044	0,057	0,038	1,711	1,578	0,072
	Cl	0,005	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,005	0,003	0,000	0,000	0,004
	Σ _{M1}	3,928	3,945	3,923	3,939	3,855	3,910	3,969	3,974	3,928	4,026	3,930	3,938	4,026	3,948	3,935
Total de cátions		19,951	19,964	19,941	19,953	19,891	19,929	19,987	19,986	19,956	20,013	19,946	19,957	20,030	19,966	19,931
Componentes moleculares																
Ab		97,32	98,78	96,34	98,96	98,73	66,75	66,74	68,88	69,59	97,54	98,37	98,47	57,27	59,80	97,72
An		1,94	0,18	0,66	0,38	0,29	0,13	0,40	1,18	0,20	1,37	0,18	0,56	0,20	0,23	0,44
Or		0,74	1,04	2,99	0,66	0,99	33,12	32,85	29,93	30,21	1,10	1,45	0,97	42,53	39,97	1,84

Tabela 5 - Composição química de feldspatos alcalinos e plagioclásios dos quartzo-álcali feldspato sienitos porfíricos do Morrete, Ilha Comprida. Abreviações como na Tabela 3.

Amostra	CN07	CN07	CN07	CN07	CN07	CN07	CN07	CN07	CN08	CN08	CN08	CN08	CN08	CN10	CN10	CN10	CN10
Cristal-Análise	1-01	1-02	1-03	2-04	2-05	2-06	3-07	4-08	5-09	5-10	5-11	6-12	6-13	7-14	7-15	8-18	8-19
Localização	b	i	c	b	i	c	m	m	b	i	c	m	m	c	b	b	c
Mineral	f	f	f	f	f	f	m	m	f	f	f	m	m	p	p	p	p
SiO ₂	67,41	65,96	66,18	66,30	66,21	65,95	68,78	67,25	66,90	66,65	65,63	62,58	64,77	66,50	67,26	66,58	67,46
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	18,87	18,84	18,99	18,90	18,80	18,95	18,81	19,64	18,58	18,73	19,22	17,62	18,02	19,02	19,04	18,60	19,10
Fe ₂ O ₃	0,32	0,23	0,19	0,28	0,22	0,20	0,79	0,51	0,37	0,19	0,22	0,28	0,62	0,26	0,26	0,49	0,32
MnO	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01
CaO	0,19	0,53	0,20	0,15	0,22	0,08	0,01	0,10	0,20	0,17	0,61	0,00	0,00	0,12	0,11	0,01	0,11
BaO	0,07	0,00	0,00	0,07	0,04	0,13	0,00	0,00	0,03	0,01	0,23	0,02	0,00	0,08	0,00	0,08	0,03
Na ₂ O	7,45	6,74	6,79	7,40	7,08	7,12	11,41	11,53	7,44	6,89	6,47	0,29	5,21	7,06	7,88	9,25	9,22
K ₂ O	6,04	6,72	6,98	5,92	6,48	6,64	0,19	0,23	5,93	6,40	6,47	16,55	9,01	6,81	6,08	3,29	3,54
Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Total	100,40	99,03	99,36	99,02	99,04	99,10	100,00	99,25	99,44	99,04	98,87	97,36	97,65	99,87	100,44	98,33	99,79
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																	
T	Si	11,991	11,932	11,936	11,955	11,960	11,928	12,033	11,874	12,008	12,010	11,889	11,956	11,987	11,936	11,962	11,968
	Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Al	3,953	4,013	4,034	4,013	3,999	4,036	3,876	4,084	3,926	3,975	4,100	3,964	3,927	4,020	3,988	3,990
	Fe ³⁺	0,043	0,031	0,026	0,038	0,029	0,027	0,104	0,067	0,050	0,025	0,030	0,040	0,086	0,035	0,035	0,042
	Σ _T	15,987	15,976	15,996	16,006	15,988	15,991	16,013	16,025	15,984	16,010	16,019	15,960	16,000	15,991	15,985	16,000
M1	Mn	0,006	0,001	0,002	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,002	0,003	0,000	0,002
	Ca	0,037	0,104	0,039	0,028	0,042	0,016	0,001	0,019	0,038	0,033	0,118	0,000	0,000	0,023	0,021	0,003
	Ba	0,005	0,000	0,000	0,005	0,003	0,009	0,000	0,000	0,002	0,000	0,016	0,001	0,000	0,005	0,000	0,006
	Na	2,570	2,365	2,375	2,588	2,480	2,495	3,869	3,947	2,589	2,407	2,274	0,107	1,868	2,456	2,647	3,229
	K	1,371	1,551	1,606	1,363	1,494	1,532	0,043	0,052	1,357	1,472	1,496	4,035	2,128	1,560	1,380	0,755
	Cl	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,003	0,002	0,000
	Σ _{M1}	3,989	4,021	4,026	3,984	4,019	4,056	3,916	4,018	3,986	3,912	3,907	4,149	4,002	4,050	4,050	3,998
Total de cátions		19,976	19,997	20,022	19,990	20,007	20,047	19,929	20,043	19,970	19,922	19,926	20,109	20,002	20,041	20,035	19,995
Componentes moleculares																	
Ab		64,61	58,83	59,08	65,04	61,75	61,71	98,88	98,23	64,98	61,53	58,49	2,58	46,75	60,81	65,39	79,42
An		0,93	2,59	0,97	0,70	1,05	0,40	0,03	0,47	0,95	0,84	3,03	0,00	0,57	0,52	0,08	0,53
Or		34,46	38,58	39,95	34,25	37,20	37,89	1,10	1,29	34,06	37,63	38,48	97,42	53,25	38,62	18,94	20,06

Tabela 5 - Continuação.

Amostra	CN10	CN10	CN10	CN10
Cristal-Análise	9-20	9-21	10-22	10-23
Localização	b	c	b	c
Mineral	pl	pl	p	p
SiO ₂	68,88	68,56	67,24	67,43
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	19,13	19,57	18,84	19,12
Fe ₂ O ₃	0,42	0,08	0,32	0,24
MnO	0,03	0,01	0,01	0,00
CaO	0,02	0,05	0,11	0,28
BaO	0,03	0,00	0,08	0,00
Na ₂ O	11,59	11,35	7,77	9,14
K ₂ O	0,22	0,32	5,43	3,58
Cl	0,00	0,01	0,00	0,00
Total	100,32	99,95	99,80	99,78
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios				
T	Si	12,012	11,983	11,999
	Ti	0,000	0,000	0,000
	Al	3,928	4,028	3,960
	Fe ³⁺	0,055	0,011	0,043
	Σ _T	15,995	16,022	16,002
M1	Mn	0,004	0,002	0,002
	Ca	0,004	0,008	0,020
	Ba	0,002	0,000	0,006
	Na	3,920	3,847	2,687
	K	0,049	0,071	1,237
	Cl	0,000	0,002	0,000
	Σ _{M1}	3,979	3,930	3,952
Total de cátions	19,974	19,952	19,954	19,994
Componentes moleculares				
Ab	98,67	97,99	68,13	78,48
An	0,10	0,20	0,51	1,30
Or	1,23	1,81	31,36	20,22

Tabela 6 - Composição química de feldspatos alcalinos dos microssienitos com textura em mosaico do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 3.

Amostra	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN05	CN05	CN05
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	6-11	6-12	7-13	7-14	8-15	8-16	9-17	
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	
Mineral	lam	lam	lam	lam	lam	lam	lam	h	p	p	p	p	p	p	p	p	p	
SiO ₂	68,30	66,71	66,70	66,79	68,30	67,86	64,92	64,31	67,98	68,82	65,41	64,95	68,18	66,53	68,07	66,35	68,72	
TiO ₂	0,00	0,03	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,04	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	
Al ₂ O ₃	18,83	18,31	18,31	18,71	19,38	18,82	17,99	18,00	18,77	19,14	18,04	17,88	18,79	18,24	18,99	18,24	19,12	
Fe ₂ O ₃	0,05	0,84	0,69	0,46	0,45	0,36	0,42	0,35	0,91	0,35	0,32	0,76	0,36	0,57	0,33	1,95	0,38	
MnO	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	
CaO	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,10	0,04	0,00	0,17	0,02	0,00	0,12	0,15	0,08	
BaO	0,07	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,08	0,00	0,04	0,03	0,09	0,00	0,05	0,03	
Na ₂ O	8,10	6,90	6,63	6,94	11,41	9,70	2,43	0,85	11,05	10,39	1,17	2,75	8,83	6,32	7,80	6,44	10,75	
K ₂ O	4,83	6,80	7,01	6,61	0,22	2,84	13,22	15,65	0,38	1,66	15,07	12,51	4,60	7,48	5,66	6,68	1,69	
Cl	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	
Total	100,20	99,74	99,36	99,59	99,82	99,42	99,10	99,20	99,26	100,54	100,03	99,07	100,80	99,25	100,98	99,90	100,77	
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																		
T	Si	12,080	11,999	12,027	11,995	11,966	12,028	12,012	11,985	12,000	12,022	12,042	11,998	12,020	12,034	12,008	11,937	11,998
	Ti	0,000	0,004	0,001	0,000	0,007	0,000	0,000	0,005	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
	Al	3,922	3,879	3,888	3,958	3,999	3,929	3,919	3,951	3,901	3,938	3,910	3,890	3,900	3,886	3,944	3,865	3,932
	Fe ³⁺	0,007	0,114	0,093	0,063	0,059	0,048	0,058	0,048	0,121	0,046	0,044	0,106	0,048	0,077	0,044	0,264	0,050
	Σ _T	16,009	15,996	16,009	16,016	16,031	16,005	15,989	15,989	16,022	16,014	15,996	15,994	15,968	15,998	15,997	16,066	15,980
M1	Mn	0,000	0,005	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,003	0,000
	Ca	0,000	0,006	0,001	0,003	0,000	0,005	0,000	0,000	0,019	0,007	0,000	0,033	0,004	0,000	0,023	0,029	0,015
	Ba	0,005	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,005	0,000	0,003	0,002	0,006	0,000	0,004	0,002
	Na	2,779	2,407	2,319	2,417	3,875	3,334	0,872	0,307	3,783	3,520	0,419	0,985	3,018	2,217	2,667	2,247	3,639
	K	1,090	1,559	1,613	1,514	0,049	0,597	3,120	3,720	0,085	0,369	3,538	2,948	1,034	1,727	1,274	1,533	0,376
	Cl	0,005	0,008	0,002	0,007	0,002	0,004	0,002	0,003	0,007	0,000	0,005	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
	Σ _{M1}	3,879	3,989	3,935	3,944	3,927	3,941	4,003	4,030	3,902	3,901	3,962	3,971	4,058	3,953	3,967	3,816	4,032
Total de cátions	19,888	19,985	19,944	19,960	19,958	19,946	19,992	20,019	19,924	19,915	19,958	19,965	20,026	19,951	19,964	19,882	20,012	
Componentes moleculares																		
Ab	71,83	60,60	58,96	61,44	98,75	84,71	21,84	7,62	97,32	90,35	10,59	24,84	74,41	56,21	67,28	58,99	90,30	
An	0,00	0,15	0,03	0,08	0,00	0,13	0,00	0,00	0,49	0,18	0,00	0,83	0,10	0,00	0,58	0,76	0,37	
Or	28,17	39,25	41,01	38,49	1,25	15,17	78,16	92,38	2,19	9,47	89,41	74,33	25,49	43,79	32,14	40,25	9,33	

Tabela 7 - Composição química de feldspatos alcalinos dos microssienitos com textura em mosaico e dos microssienitos porfíricos com textura traquítica do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 3.

Amostra	CN05	CN05	CN05	CN05	CN05		CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24
Cristal-Análise	9-18	10-19	10-20	10-21	10-22		1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	6-11
Localização	c	b	c	b	c		b-v	c-v	b-v	c-v	v	v	b-v	c-v	b	c	b
Mineral	p	p	p	p	p		p	p	p	p	lam	lam	lam	lam	p	p	p
SiO ₂	67,13	69,43	69,16	64,47	66,06		64,27	65,47	64,66	64,65	66,45	65,71	64,44	67,53	68,86	68,73	69,03
TiO ₂	0,12	0,00	0,08	0,02	0,04		0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	18,61	19,24	19,46	17,94	18,34		17,81	18,22	17,51	17,41	17,88	17,84	17,63	18,53	18,72	18,64	18,72
Fe ₂ O ₃	0,61	0,42	0,28	2,20	0,58		0,35	0,31	0,73	0,66	0,70	0,73	0,79	0,61	1,10	0,61	0,82
MnO	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01		0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
CaO	0,10	0,09	0,05	0,06	0,04		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
BaO	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00		0,01	0,05	0,00	0,00	0,09	0,03	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	6,64	11,60	11,02	2,64	3,94		0,35	1,86	1,27	1,04	5,39	4,89	0,76	7,67	11,35	11,53	11,65
K ₂ O	6,66	0,23	0,77	12,52	10,91		16,79	14,49	14,97	15,32	9,03	9,91	15,42	5,88	0,15	0,16	0,22
Cl	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01		0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,03
Total	99,88	101,04	100,93	99,88	99,92		99,58	100,41	99,17	99,11	99,57	99,17	99,10	100,38	100,26	99,68	100,48
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios																	
T	Si	12,012	12,018	12,000	11,871	12,005	11,994	12,001	12,035	12,053	12,057	12,018	12,021	12,021	12,025	12,057	12,036
	Ti	0,016	0,000	0,010	0,003	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,009	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000
	Al	3,922	3,922	3,976	3,889	3,924	3,914	3,933	3,839	3,824	3,821	3,843	3,873	3,884	3,850	3,852	3,844
	Fe ³⁺	0,082	0,055	0,037	0,304	0,080	0,049	0,043	0,103	0,092	0,095	0,100	0,111	0,081	0,145	0,081	0,107
	Σ _T	16,032	15,995	16,023	16,067	16,015	15,957	15,977	15,977	15,969	15,975	15,970	16,005	15,986	16,026	15,990	15,987
M1	Mn	0,000	0,002	0,001	0,003	0,002	0,000	0,000	0,006	0,005	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000
	Ca	0,019	0,017	0,009	0,011	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001
	Ba	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,007	0,002	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
	Na	2,305	3,894	3,707	0,944	1,388	0,127	0,662	0,457	0,375	1,897	1,735	0,276	2,646	3,842	3,923	3,939
	K	1,520	0,052	0,169	2,941	2,528	3,996	3,389	3,554	3,643	2,091	2,312	3,670	1,336	0,033	0,035	0,050
	Cl	0,004	0,000	0,004	0,001	0,003	0,004	0,006	0,000	0,003	0,002	0,001	0,010	0,005	0,006	0,000	0,009
	Σ _{M1}	3,848	3,965	3,897	3,900	3,928	4,128	4,061	4,017	4,026	3,997	4,050	3,959	3,999	3,882	3,959	3,999
Total de cátions		19,880	19,960	19,920	19,967	19,943	20,085	20,038	19,994	19,995	19,972	20,020	19,964	19,985	19,908	19,949	19,986
Componentes moleculares																	
Ab		59,96	98,26	95,42	24,23	35,38	3,08	16,34	11,39	9,33	47,57	42,87	6,99	66,42	99,12	99,12	98,72
An		0,49	0,43	0,23	0,28	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,03
Or		39,54	1,31	4,35	75,49	64,44	96,92	83,66	88,61	90,67	52,43	57,13	93,01	33,53	0,85	0,88	1,25

Tabela 7 - Continuação.

Amostra	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24	CN24
Cristal-Análise	6-12	7-13	7-14	8-15	8-16	9-17	9-18	10-19	10-20
Localização	c	b	c	b	c	b	c	b	c
Mineral	p	p	p	p	p	p	p	p	p
SiO ₂	69,17	69,31	69,03	64,33	64,67	69,01	69,23	65,11	68,61
TiO ₂	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,08	0,07	0,02
Al ₂ O ₃	18,63	18,80	18,86	18,08	18,01	18,64	19,05	17,78	18,86
Fe ₂ O ₃	0,85	0,85	0,62	0,21	0,21	1,12	0,80	0,48	0,59
MnO	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
BaO	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00
Na ₂ O	11,50	11,47	11,27	0,47	0,52	11,46	11,48	1,17	11,25
K ₂ O	0,20	0,14	0,43	16,36	16,34	0,21	0,15	14,95	0,18
Cl	0,00	0,00	0,01	0,12	0,08	0,00	0,02	0,10	0,00
Total	100,48	100,58	100,22	99,62	99,86	100,44	100,81	99,71	99,51
Fórmula estrutural calculada na base de 32 oxigênios									
T	Si	12,051	12,051	12,051	11,982	12,006	12,035	12,014	12,044
	Ti	0,011	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,010	0,003
	Al	3,823	3,849	3,878	3,966	3,938	3,828	3,893	3,900
	Fe ³⁺	0,111	0,111	0,081	0,030	0,030	0,147	0,104	0,067
	Σ _T	15,996	16,011	16,010	15,982	15,974	16,010	16,021	16,024
M1	Mn	0,003	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	Ba	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000
	Na	3,885	3,867	3,815	0,169	0,188	3,875	3,864	3,828
	K	0,044	0,030	0,095	3,887	3,870	0,046	0,034	3,528
	Cl	0,000	0,000	0,002	0,035	0,024	0,000	0,005	0,000
	Σ _{M1}	3,933	3,900	3,912	4,092	4,083	3,921	3,903	3,869
Total de cátions		19,929	19,911	19,922	20,074	20,057	19,931	19,924	19,893
Componentes moleculares									
Ab		98,88	99,23	97,57	4,17	4,63	98,83	99,13	10,62
An		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Or		1,12	0,77	2,43	95,83	95,37	1,17	0,87	89,38

Tabela 8 - Composição química dos clinopiroxênios dos álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais. Classificação: Di, diopsídio; Hd, hedenbergita; Au, augita; Ea, egirina-augita; mg* = MgO/(MgO+FeO).

Amostra	CN06/B2	CN06/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	6-11	6-12	7-13	7-14	8-15	8-16	9-17
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b
SiO ₂	51.22	51.38	50.27	50.35	50.49	50.67	51.41	51.09	50.14	49.68	49.76	50.44	50.55	50.80	48.85	49.84	48.86
TiO ₂	0.11	0.00	0.05	0.33	0.09	0.07	0.12	0.08	0.10	0.00	0.18	0.13	0.06	0.03	0.24	0.30	0.42
Al ₂ O ₃	0.11	0.09	0.77	0.96	0.14	0.18	0.22	0.36	0.22	0.12	0.28	0.35	0.39	0.23	0.51	0.51	0.76
Fe ₂ O ₃	1.43	1.07	1.98	2.14	1.52	1.95	1.16	1.84	1.13	1.27	1.21	1.04	1.36	0.82	2.58	1.58	1.54
FeO	17.09	17.18	16.28	14.01	16.48	15.04	14.78	13.44	18.09	20.45	19.31	19.21	17.46	17.85	21.22	18.79	23.58
MnO	0.88	0.89	0.92	0.70	0.91	0.82	0.80	0.74	0.86	0.98	0.75	0.79	0.78	0.81	0.94	0.77	0.96
MgO	7.60	7.35	8.16	9.67	7.37	7.86	8.73	9.22	6.80	5.50	5.68	5.99	7.21	7.20	4.05	6.25	3.81
CaO	22.49	23.00	20.56	20.82	22.26	22.92	22.60	22.82	21.67	20.71	21.60	21.72	21.90	21.83	20.57	21.03	18.71
Na ₂ O	0.22	0.16	0.44	0.41	0.30	0.30	0.32	0.28	0.26	0.34	0.39	0.41	0.28	0.28	0.62	0.48	0.69
K ₂ O	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.10
Total	101.17	101.14	99.43	99.38	99.57	99.81	100.13	99.86	99.27	99.13	99.18	100.08	100.02	99.87	99.59	99.54	99.41
Fórmula estrutural calculada na base de 6 oxigênios																	
T Si	1.981	1.989	1.969	1.953	1.983	1.977	1.987	1.973	1.985	1.991	1.985	1.988	1.980	1.992	1.966	1.974	1.975
Al	0.005	0.004	0.031	0.044	0.007	0.008	0.010	0.016	0.010	0.006	0.013	0.012	0.018	0.008	0.024	0.024	0.025
Fe ³⁺	0.014	0.007	0.000	0.004	0.010	0.015	0.003	0.010	0.005	0.004	0.002	0.000	0.002	0.000	0.010	0.002	0.000
Σ _T	2.000	2.000	2.000	2.001	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.001	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
M1 Al	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000	0.011
Ti	0.003	0.000	0.001	0.010	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.000	0.005	0.004	0.002	0.001	0.007	0.009	0.013
Fe ³⁺	0.014	0.016	0.058	0.054	0.024	0.027	0.027	0.033	0.025	0.031	0.031	0.031	0.036	0.024	0.058	0.043	0.047
Fe ²⁺	0.543	0.559	0.460	0.377	0.542	0.506	0.467	0.434	0.571	0.639	0.625	0.609	0.541	0.551	0.692	0.579	0.700
Mg	0.438	0.424	0.476	0.559	0.432	0.457	0.503	0.531	0.401	0.329	0.337	0.352	0.421	0.421	0.243	0.369	0.230
Σ _{M1}	0.998	0.999	0.999	1.000	1.001	0.992	1.000	1.000	1.000	0.999	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001
M2 Fe ²⁺	0.023	0.005	0.073	0.082	0.010	0.000	0.014	0.010	0.032	0.050	0.022	0.025	0.033	0.034	0.033	0.045	0.098
Mn	0.029	0.029	0.030	0.023	0.030	0.027	0.026	0.024	0.029	0.033	0.025	0.026	0.026	0.027	0.032	0.026	0.033
Ca	0.932	0.954	0.863	0.865	0.937	0.958	0.936	0.944	0.919	0.889	0.923	0.918	0.919	0.917	0.887	0.892	0.811
Na	0.016	0.012	0.033	0.030	0.023	0.023	0.024	0.021	0.020	0.026	0.030	0.031	0.021	0.021	0.049	0.037	0.054
K	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005
Σ _{M2}	1.000	1.001	1.000	1.000	1.000	1.008	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.001	1.000	0.999	1.001	1.000	1.001
Total de cátions	3.998	4.000	3.999	4.001	4.001	4.000	4.000	3.999	4.000	3.999	3.998	4.001	4.000	3.999	4.001	4.000	4.002
Componentes moleculares																	
Jd	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.13	0.00	0.00	0.60
Ae	0.83	0.65	1.58	1.59	1.18	1.19	1.23	1.09	1.04	1.41	1.56	1.40	1.14	0.97	2.56	1.93	2.51
Es	0.00	0.20	1.48	1.26	0.05	0.20	0.17	0.60	0.23	0.28	0.11	0.20	0.74	0.31	0.48	0.32	0.00
CaTiTS	0.16	0.00	0.08	0.50	0.14	0.11	0.17	0.12	0.15	0.00	0.28	0.20	0.09	0.04	0.39	0.46	0.67
CaTS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo	47.56	48.60	43.70	43.46	48.02	48.97	47.82	47.94	46.91	45.89	47.26	47.04	46.64	46.81	45.74	45.64	42.08
En	22.45	21.71	24.98	29.22	22.22	23.53	25.87	27.34	20.64	17.00	17.42	18.21	21.64	12.78	19.18	12.12	12.12
Fs	29.00	28.84	27.97	23.97	28.39	26.01	24.75	22.91	31.04	35.62	33.37	32.74	29.64	30.09	38.06	32.48	42.03
mg#	0.44	0.43	0.47	0.55	0.44	0.47	0.51	0.54	0.40	0.32	0.34	0.36	0.42	0.42	0.25	0.37	0.22
	Hd	Hd	Au	Au	Hd	Hd	Hd	Di	Hd	Hd	Hd	Hd	Hd	Hd	Hd	Hd	Au

Tabela 8 - Continuação.

Amostra	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20
Cristal-Análise	9-18	10-19	10-20	10-21	11-22	11-23	12-24	12-25	13-26	13-27	14-28	14-29
Localização	c	b	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
SiO ₂	51.06	48.65	49.13	49.17	50.47	50.57	51.56	51.36	51.58	51.78	50.79	51.61
TiO ₂	0.06	0.10	0.09	0.07	0.08	0.12	0.04	0.04	0.06	0.85	0.04	0.13
Al ₂ O ₃	0.14	0.25	0.21	0.21	0.25	0.24	0.10	0.11	0.23	0.31	0.22	0.45
Fe ₂ O ₃	1.70	1.84	0.80	1.79	1.05	1.18	1.20	1.07	1.07	0.96	1.31	1.31
FeO	15.69	24.82	24.41	24.02	17.93	17.79	15.62	16.47	13.30	12.18	15.83	12.42
MnO	0.70	1.42	1.23	1.26	0.69	0.74	0.74	0.80	0.66	0.60	0.73	0.53
MgO	8.11	2.69	3.14	2.95	6.78	7.07	8.32	8.03	9.91	10.82	8.19	10.42
CaO	22.79	19.34	19.79	20.24	21.98	22.02	23.03	22.60	22.76	22.47	21.97	22.63
Na ₂ O	0.23	0.52	0.46	0.50	0.34	0.26	0.21	0.20	0.20	0.24	0.32	0.28
K ₂ O	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.48	99.63	99.28	100.24	99.56	100.01	100.81	100.68	99.77	100.21	99.38	99.83
Fórmula estrutural calculada na base de 8 oxigênios												
T	Si	1.979	1.984	1.999	1.986	1.989	1.983	1.987	1.988	1.985	1.975	1.986
	Al	0.006	0.012	0.001	0.010	0.011	0.011	0.005	0.005	0.011	0.014	0.010
	Fe ³⁺	0.015	0.004	0.000	0.004	0.000	0.005	0.008	0.007	0.004	0.000	0.002
	Σ _T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.999	2.000	2.000	2.000	1.989	1.999
M1	Al	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Ti	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.024	0.004
	Fe ³⁺	0.020	0.048	0.024	0.045	0.031	0.024	0.018	0.017	0.022	0.000	0.031
	Fe ²⁺	0.510	0.786	0.773	0.775	0.568	0.559	0.503	0.518	0.407	0.360	0.368
	Mg	0.469	0.163	0.191	0.178	0.398	0.413	0.478	0.464	0.569	0.615	0.477
	Σ _{M1}	1.001	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000
M2	Fe ²⁺	0.014	0.064	0.057	0.041	0.023	0.030	0.009	0.022	0.025	0.056	0.031
	Mn	0.023	0.049	0.042	0.043	0.023	0.025	0.024	0.026	0.021	0.019	0.017
	Ca	0.946	0.845	0.863	0.876	0.928	0.925	0.951	0.937	0.938	0.918	0.921
	Na	0.017	0.041	0.036	0.039	0.026	0.020	0.016	0.015	0.015	0.018	0.024
	K	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Σ _{M2}	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.011	1.000
Total de cátions		4.001	4.000	3.999	4.000	3.999	3.999	4.000	4.000	3.999	3.999	3.999
Componentes moleculares												
Jd		0.00	0.00	0.47	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ae		0.88	2.20	1.50	2.11	1.30	1.04	0.82	0.76	0.77	0.92	1.08
Es		0.13	0.31	0.00	0.30	0.30	0.20	0.12	0.12	0.37	0.00	0.38
CaTiTS		0.09	0.15	0.05	0.11	0.13	0.19	0.06	0.07	0.08	0.71	0.06
CaTS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo		48.17	44.00	44.84	45.47	47.33	47.13	48.43	47.74	47.56	45.95	46.89
En		23.97	8.59	9.92	9.30	20.50	21.22	24.43	23.71	29.10	31.27	24.56
Fs		26.76	44.76	43.22	42.72	30.42	30.24	26.15	27.62	22.12	21.15	26.82
mg#		0.47	0.16	0.19	0.18	0.40	0.41	0.48	0.46	0.57	0.60	0.60
	Hd	Au	Au	Hd	Hd	Hd	Hd	Hd	Di	Di	Hd	Di

117

Amostra		CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2
Cristal-Análise Localização		1-01 b	1-02 c	2-03 b	2-04 c	3-05 b	3-06 c	4-07 b	4-08 c	5-09 b	5-10 c	6-11 b	6-12 c	7-13 b	7-14 c	8-15 b	8-16 i	8-17 c
SiO ₂		49.01	48.93	48.72	49.07	48.33	48.02	48.83	48.89	48.62	49.27	49.55	50.60	50.81	49.95	49.16	49.52	49.79
TiO ₂		0.19	0.27	0.16	0.29	0.22	0.00	0.18	0.19	0.28	0.08	0.08	0.08	0.19	0.21	0.17	0.21	0.16
Al ₂ O ₃		0.25	0.27	0.17	0.26	0.18	0.20	0.20	0.17	0.28	0.28	0.16	0.17	0.27	0.19	1.00	1.08	0.98
Fe ₂ O ₃		3.97	3.79	4.68	3.24	2.95	2.67	1.65	2.04	3.63	3.42	2.40	1.87	1.32	2.19	3.62	2.36	3.16
FeO		22.57	22.75	23.42	23.51	24.84	25.42	26.23	25.92	22.91	20.71	16.69	18.89	17.67	21.12	20.98	22.59	22.50
MnO		1.16	1.30	1.39	1.16	1.41	1.37	1.48	1.39	1.08	0.96	0.82	0.80	0.78	1.20	1.30	0.92	0.92
MgO		2.57	2.38	0.78	2.13	1.62	1.46	1.39	1.47	1.95	4.00	6.40	5.68	6.76	3.97	3.34	2.27	2.28
CaO		18.87	18.80	16.85	18.57	18.60	19.56	18.39	19.45	18.28	19.30	22.11	21.56	21.94	20.51	18.98	18.68	17.61
Na ₂ O		1.35	1.37	2.29	1.44	1.07	0.64	1.03	0.82	1.60	1.18	0.45	0.67	0.49	0.92	1.38	1.70	1.56
K ₂ O		0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06
Total		99.94	99.89	98.45	99.66	99.24	99.33	99.41	100.32	98.65	99.18	98.65	100.38	100.24	100.26	99.91	99.33	99.03
Fórmula estrutural calculada na base de 6 oxigênios																		
T	Si	1.981	1.981	2.010	1.992	1.986	1.979	2.005	1.991	1.993	1.985	1.975	1.991	1.988	1.992	1.970	1.999	2.024
	Al	0.012	0.013	0.000	0.008	0.008	0.010	0.000	0.008	0.007	0.013	0.007	0.008	0.012	0.008	0.030	0.001	0.000
	Fe ³⁺	0.007	0.006	0.000	0.000	0.005	0.011	0.000	0.001	0.000	0.002	0.018	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Σ _T	2.000	2.000	2.010	2.000	1.999	2.000	2.005	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.024
M1	Al	0.000	0.000	0.008	0.005	0.000	0.000	0.010	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.050	0.047
	Ti	0.006	0.008	0.005	0.009	0.007	0.000	0.006	0.006	0.009	0.002	0.002	0.002	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005
	Fe ³⁺	0.106	0.103	0.145	0.099	0.081	0.061	0.051	0.060	0.112	0.100	0.037	0.053	0.039	0.065	0.109	0.071	0.022
	Fe ²⁺	0.733	0.744	0.794	0.759	0.813	0.850	0.848	0.845	0.755	0.657	0.574	0.610	0.561	0.691	0.669	0.735	0.788
	Mg	0.155	0.144	0.048	0.129	0.099	0.089	0.085	0.089	0.119	0.240	0.381	0.333	0.394	0.236	0.199	0.137	0.138
Σ _{M1}		1.000	0.999	1.000	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	0.999	0.994	0.998	1.000	0.998	0.999	0.999	1.000
M2	Fe ²⁺	0.037	0.032	0.014	0.039	0.046	0.037	0.052	0.039	0.031	0.042	0.000	0.013	0.017	0.013	0.034	0.027	0.052
	Mn	0.040	0.045	0.049	0.040	0.049	0.048	0.052	0.048	0.038	0.033	0.028	0.027	0.026	0.040	0.044	0.031	0.032
	Ca	0.817	0.815	0.745	0.808	0.819	0.864	0.809	0.849	0.803	0.833	0.944	0.909	0.919	0.876	0.815	0.808	0.767
	Na	0.106	0.107	0.183	0.113	0.086	0.051	0.082	0.084	0.127	0.092	0.034	0.051	0.037	0.071	0.107	0.133	0.123
	K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003
Σ _{M2}		1.000	0.999	0.991	1.000	1.001	1.000	0.996	1.000	1.001	1.000	1.006	1.001	1.000	1.000	4.000	4.000	3.997
Total de cátions		4.000	3.998	4.001	4.001	4.000	4.000	4.001	4.000	4.002	3.999	4.000	3.999	4.000	3.998	6.999	6.999	7.021
Componentes moleculares																		
Jd		0.00	0.00	0.46	0.25	0.00	0.00	0.52	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.94	2.71	2.51
Ae		5.73	5.84	9.81	5.88	4.63	2.71	3.86	3.41	6.65	4.93	1.78	2.70	1.97	3.73	4.92	4.54	4.22
Es		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.44	0.12	0.14	0.04	0.00	1.05	0.00	0.00
CaTiTS		0.31	0.44	0.00	0.42	0.37	0.00	0.00	0.31	0.39	0.13	0.13	0.13	0.29	0.34	0.28	0.08	0.00
CaTS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo		43.90	43.79	41.76	43.29	43.59	45.17	43.11	44.70	43.35	44.10	48.61	47.16	47.31	46.10	43.34	43.81	40.98
En		8.39	7.80	2.67	6.97	5.31	4.73	4.52	4.72	6.47	12.89	19.68	17.38	20.43	12.50	10.92	7.42	7.40
Fs		41.68	42.13	45.31	43.19	46.10	46.90	47.99	46.86	42.79	37.51	29.69	32.50	29.95	37.31	38.54	41.44	44.89
mg#		0.17	0.16	0.06	0.14	0.10	0.09	0.09	0.09	0.13	0.26	0.40	0.35	0.41	0.25	0.22	0.15	0.14
Au			Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Hd	Hd	Hd	Hd	Au	Au	Au
c/Fe ³⁺ , Na		c/Fe ³⁺ , Na	c/Fe ³⁺ , Na	c/Fe ³⁺ , Na	c/Fe ³⁺ , Na					c/Fe ³⁺ , Na	c/Fe ³⁺					c/Fe ³⁺ , Na	c/Na	c/Na

Tabela 9 - Continuação.

Amostra	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2
Cristal-Análise	9-18	9-19	10-20	10-21	10-22	11-23	11-24	11-25	11-26	12-27	12-28	12-29	13-30	13-31
Localização	b	c	b	i	c	b	b	i	c	b	i	b	b	c
SiO ₂	49.54	49.97	47.79	49.88	49.95	48.13	47.96	48.36	48.36	48.96	48.93	49.19	48.03	48.29
TiO ₂	0.47	0.40	0.49	0.10	0.32	0.28	0.38	0.56	0.33	0.16	0.11	0.07	0.22	0.20
Al ₂ O ₃	1.20	1.18	1.34	1.32	1.06	0.50	0.69	0.83	0.66	0.52	0.40	0.43	0.92	0.87
Fe ₂ O ₃	3.16	2.85	5.80	2.44	4.28	3.21	2.95	2.12	2.76	5.08	6.90	7.45	6.23	5.57
FeO	23.32	23.55	20.58	23.47	21.87	23.27	22.44	21.86	21.90	21.78	20.78	20.65	20.87	21.36
MnO	0.84	0.80	0.82	0.81	0.76	1.06	1.04	1.06	0.94	0.95	0.95	0.97	1.14	1.19
MgO	2.20	2.23	2.23	2.21	2.25	1.65	2.27	3.46	2.66	1.14	0.68	0.64	0.53	0.47
CaO	18.14	18.14	17.97	18.22	18.39	18.81	19.58	20.18	19.72	17.03	15.49	15.34	17.24	17.29
Na ₂ O	1.79	1.83	1.98	1.76	2.12	1.38	1.09	0.73	1.14	2.61	3.41	3.54	2.70	2.66
K ₂ O	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02
Total	100.69	100.96	99.02	100.23	100.99	98.30	98.44	99.16	98.46	98.26	97.64	98.29	97.91	97.91
Fórmula estrutural calculada na base de 6 oxigênios														
T	Si	1.979	1.989	1.942	1.997	1.983	1.969	1.959	1.977	2.007	2.016	2.014	1.983	1.993
	Al	0.021	0.011	0.058	0.003	0.017	0.015	0.031	0.039	0.023	0.000	0.000	0.017	0.007
	Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Σ _T					2.000	2.000	1.999	2.000	2.007	2.016	2.014	2.000	2.000
M1	Al	0.036	0.044	0.006	0.059	0.033	0.009	0.002	0.000	0.008	0.025	0.019	0.027	0.035
	Ti	0.014	0.012	0.015	0.003	0.009	0.009	0.012	0.017	0.010	0.005	0.003	0.002	0.006
	Fe ³⁺	0.095	0.085	0.177	0.075	0.128	0.099	0.091	0.062	0.085	0.156	0.213	0.193	0.173
	Fe ²⁺	0.724	0.727	0.667	0.731	0.697	0.781	0.755	0.712	0.735	0.743	0.716	0.707	0.738
	Mg	0.131	0.132	0.135	0.132	0.133	0.102	0.139	0.209	0.162	0.069	0.042	0.039	0.029
	Σ _{M1}					1.000	0.999	1.000	1.000	0.998	0.993	0.997	0.980	0.981
M2	Fe ²⁺	0.056	0.057	0.033	0.053	0.029	0.021	0.015	0.030	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000
	Mn	0.029	0.027	0.028	0.027	0.025	0.037	0.036	0.036	0.033	0.033	0.034	0.040	0.041
	Ca	0.776	0.774	0.782	0.782	0.782	0.831	0.861	0.876	0.863	0.748	0.684	0.673	0.765
	Na	0.139	0.141	0.156	0.137	0.163	0.110	0.087	0.057	0.090	0.208	0.272	0.281	0.213
	K	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
	Σ _{M2}	3.999	3.999	4.000	3.999	4.000	1.000	0.999	0.999	1.000	0.993	0.989	0.989	1.020
Total de cátions		3.999	3.999	4.000	3.999	4.000	4.000	3.998	3.998	4.000	3.998	3.998	4.000	4.001
Componentes moleculares														
Jd		1.97	2.41	0.33	3.21	1.82	0.49	0.12	0.00	0.45	1.42	1.14	1.20	2.00
Ae		5.65	5.35	8.47	4.28	7.22	5.51	4.57	3.05	4.40	10.30	14.76	15.36	10.95
Es		0.00	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.38	0.25	0.14	0.00	0.00	0.17	0.00
CaTiTS		0.77	0.62	0.85	0.17	0.52	0.47	0.64	0.91	0.55	0.00	0.00	0.40	0.36
CaTS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo		41.74	41.61	41.72	42.41	42.82	44.56	45.34	45.33	45.63	42.20	39.89	39.55	43.43
En		7.18	7.22	7.61	7.19	7.37	5.50	7.49	11.09	8.70	3.92	2.43	1.87	1.65
Fs		42.69	42.79	39.48	42.73	40.25	43.47	41.47	39.38	40.15	42.16	41.79	41.58	41.60
mg#		0.14	0.14	0.16	0.14	0.15	0.11	0.15	0.22	0.18	0.08	0.06	0.05	0.04
	Au													
	c/Na	c/Na	c/Fe ³⁺ Na	c/Na	c/Fe ³⁺ Na	c/Na	Hd	Hd	Hd	Ea	Ea	Ea	Ea	Ea
										c/Fe ³⁺	c/Fe ³⁺	c/Fe ³⁺	c/Fe ³⁺	c/Fe ³⁺

Tabela 10 - Composição química de clinopiroxênios dos microssienitos com textura em mosaico do Morro de São João, Cananéia. Abreviações e classificação como na Tabela 8.

Amostra	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN03	CN05	CN05	CN05	CN05
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	2-05	3-06	3-07	3-08	4-09	4-10	4-11	5-12	5-13	6-14	6-15	7-16	7-17
Localização	b	c	b	i	b	b	i	c	b	i	c	b	c	b	c	b	c
SiO ₂	48.43	47.40	48.72	48.53	48.89	48.55	48.55	48.62	48.58	48.59	48.55	48.81	48.77	48.20	49.41	48.23	48.38
TiO ₂	0.14	0.14	0.16	0.20	0.17	0.06	0.14	0.24	0.16	0.15	0.19	0.29	0.20	0.24	0.26	0.25	0.27
Al ₂ O ₃	0.20	0.20	0.17	0.15	0.15	0.13	0.21	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.26	0.31	0.53	0.35	0.27
Fe ₂ O ₃	1.57	4.31	2.73	5.27	2.69	2.35	2.39	2.82	3.12	3.24	3.25	2.25	2.10	1.71	1.87	2.04	1.50
FeO	25.78	23.16	25.56	24.13	25.71	26.03	26.04	26.55	25.71	25.85	25.62	25.81	25.42	24.97	20.41	24.58	24.60
MnO	1.47	1.46	1.56	1.47	1.45	1.43	1.81	1.51	1.35	1.30	1.29	1.41	1.42	1.23	0.91	1.17	1.30
MgO	1.61	1.43	1.06	0.40	1.07	1.05	1.03	0.82	0.57	0.45	0.51	1.38	1.76	1.72	4.56	1.70	1.84
CaO	18.79	19.25	18.03	17.01	18.21	18.12	18.09	17.80	17.07	17.67	17.15	17.87	18.31	19.71	20.78	19.80	19.88
Na ₂ O	0.82	1.05	1.38	1.80	1.28	1.18	1.18	1.30	1.75	1.65	1.79	1.29	1.09	0.72	0.70	0.79	0.73
K ₂ O	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.06	0.01	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02
Total	98.81	98.44	99.35	98.96	99.43	98.92	99.26	99.81	98.54	99.08	98.55	99.30	99.33	98.82	99.43	98.95	98.78
Fórmula estrutural calculada na base de 6 oxigênios																	
T	Si	1.999	1.966	2.003	2.011	2.001	2.007	2.001	1.997	2.014	2.007	2.013	2.004	1.998	1.987	1.979	1.991
	Al	0.001	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.021	0.016	0.009
	Fe ³⁺	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Σ _T	2.000	2.000	2.003	2.011	2.001	2.007	2.001	2.000	2.014	2.007	2.013	2.004	2.000	2.000	2.000	2.000
M1	Al	0.009	0.000	0.008	0.007	0.007	0.006	0.010	0.005	0.008	0.008	0.008	0.011	0.002	0.003	0.001	0.004
	Ti	0.004	0.004	0.005	0.006	0.005	0.002	0.004	0.005	0.005	0.006	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
	Fe ³⁺	0.049	0.067	0.084	0.102	0.083	0.073	0.074	0.087	0.097	0.101	0.101	0.069	0.065	0.056	0.063	0.046
	Fe ²⁺	0.839	0.820	0.837	0.880	0.839	0.855	0.848	0.851	0.854	0.858	0.854	0.829	0.811	0.831	0.860	0.828
	Mg	0.099	0.088	0.065	0.024	0.065	0.064	0.063	0.050	0.035	0.028	0.032	0.085	0.108	0.106	0.272	0.113
	Σ _{M1}	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.999	1.000	0.999	1.000	1.001	1.000	1.001	1.000	0.999	0.999
M2	Fe ²⁺	0.051	0.007	0.041	0.038	0.045	0.045	0.050	0.061	0.037	0.034	0.035	0.057	0.060	0.029	0.023	0.019
	Mn	0.051	0.051	0.054	0.052	0.050	0.050	0.056	0.053	0.047	0.045	0.045	0.049	0.043	0.031	0.041	0.045
	Ca	0.831	0.856	0.794	0.755	0.802	0.802	0.799	0.783	0.758	0.782	0.761	0.786	0.804	0.870	0.891	0.877
	Na	0.066	0.084	0.108	0.144	0.102	0.095	0.094	0.103	0.141	0.132	0.144	0.103	0.087	0.057	0.054	0.059
	K	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
	Σ _{M2}	0.999	1.000	0.997	0.989	1.000	0.993	0.999	1.000	0.986	0.993	0.987	0.996	1.000	0.999	0.999	1.000
Total de cátions		3.999	3.999	3.999	3.999	4.000	4.000	3.999	4.000	3.999	4.000	4.001	4.000	4.001	3.999	3.998	4.000
Componentes moleculares																	
Jd		0.48	0.00	0.45	0.40	0.40	0.33	0.54	0.25	0.44	0.43	0.44	0.59	0.10	0.18	0.06	0.23
Ae		3.02	4.64	5.42	7.51	5.13	4.83	4.57	5.34	7.41	6.76	7.53	5.13	4.04	2.93	3.35	2.90
Es		0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
CaTTS		0.03	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.40	0.42	0.45
CaTS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo		44.04	45.79	43.02	41.44	43.26	43.08	43.08	42.19	41.46	42.82	41.66	42.25	42.94	45.55	46.18	45.80
En		5.25	4.75	3.51	1.34	3.53	3.46	3.42	2.71	1.94	1.52	1.73	4.55	5.75	5.58	14.32	5.96
Fs		47.19	44.55	47.61	49.31	47.68	48.31	48.39	49.34	48.75	48.67	48.62	47.64	46.60	45.45	35.94	44.81
mg#		0.10	0.10	0.07	0.03	0.07	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.11	0.28	0.11	0.12
	Au		Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Au	Hd	Hd	Hd
				c/Na	c/Fe ³⁺ Na	c/Na		c/Na	c/Na	c/Fe ³⁺ Na	c/Fe ³⁺ Na	c/Na	c/Na				

Tabela 11 - Composição química de clinopiroxênios dos microssienitos com textura em mosaico e dos microssienitos porfíricos com textura traquítica do Morro de São João, Cananéia. Abreviações e classificação como na Tabela 8.

Amostra	CN05	CN05		CN24	CN24	CN24
Cristal-Análise	8-18	8-19		9-20	9-21	9-22
Localização	b	c		b	i	c
SiO ₂	48.46	48.39		49.61	50.11	50.54
TiO ₂	0.22	0.17		0.77	0.68	1.07
Al ₂ O ₃	0.28	0.25		0.27	0.22	0.31
Fe ₂ O ₃	1.46	1.39		8.28	9.74	7.85
FeO	24.83	25.18		21.38	20.33	21.63
MnO	1.22	1.16		0.72	0.76	0.65
MgO	1.67	1.62		0.03	0.02	0.01
CaO	19.79	19.83		5.11	5.22	4.05
Na ₂ O	0.79	0.73		9.58	9.33	10.28
K ₂ O	0.03	0.00		0.01	0.01	0.00
Total	98.74	98.74		95.74	96.49	96.42
Fórmula estrutural calculada na base de 6 oxigênios						
T	Si	1.996	1.996	1.998	2.012	2.010
	Al	0.004	0.004	0.002	0.000	0.000
	Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Σ _T	2.000	2.000	2.000	2.012	2.010
M1	Al	0.010	0.008	0.011	0.010	0.014
	Ti	0.007	0.005	0.023	0.021	0.032
	Fe ³⁺	0.045	0.043	0.692	0.649	0.693
	Fe ²⁺	0.836	0.843	0.272	0.317	0.259
	Mg	0.102	0.100	0.002	0.001	0.001
	Σ _{M1}	1.000	0.999	1.000	0.998	0.999
M2	Fe ²⁺	0.019	0.025	0.007	0.011	0.002
	Mn	0.042	0.041	0.024	0.026	0.022
	Ca	0.873	0.876	0.220	0.225	0.173
	Na	0.063	0.058	0.748	0.726	0.793
	K	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000
	Σ _{M2}	0.999	1.000	1.000	0.988	0.990
Total de cátions	3.999	3.999		4.000	3.998	3.999
Componentes moleculares						
Jd	0.50	0.42		0.87	0.82	1.17
Ae	2.92	2.64		59.05	55.94	63.40
Es	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
CaTfTS	0.20	0.23		0.14	0.00	0.00
CaTS	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
Wo	45.86	45.84		17.49	17.55	14.06
En	5.40	5.23		0.13	0.11	0.06
Fs	45.12	45.65		22.32	25.58	21.31
mg#	0.11	0.10		0.01	0.00	0.00
	Hd	Hd		Ea	Ea	Ea
				c/Fe ²⁺	c/Fe ³⁺	c/Fe ³⁺

Tabela 12 - Composição química dos anfibólios dos álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais. Classificação: Ed, edenita; FEd, ferro-edenita; MHas, magnesiohastingsita; MHbl, magnesiohornblenda; FHbl, ferrohornblenda; Rct, richterita; FRct, ferrorichterita; Ktf, katoforita; MKtf, magnesiokatoforita; Tmt, taramita; Win, winchita; FWin, ferrowinchita; fBar, ferri-barroisita; FBar, ferrobarroisita; fFBar, ferri-ferrobarroisita; Avd, arfvedsonita. Fórmula estrutural calculada assumindo (OH, F, Cl) = 2,00 a.f.u.; mg# = $MgO/(MgO+FeO)$.

Amostra	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2	CN07/C2
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	5-11	6-12	6-13	7-14	7-15	8-16	8-17	
Localização	c	b	c	b	c	b	c	b	b	i	i	b	c	b	c	b	c	
SiO ₂	45,91	44,13	44,55	46,50	44,98	44,69	48,66	44,07	44,38	43,27	44,97	43,26	40,28	43,20	39,81	43,30	41,46	
TiO ₂	0,97	1,13	1,33	0,92	1,21	1,39	0,68	1,32	1,33	1,04	1,07	1,39	2,56	1,10	2,62	1,23	1,74	
Al ₂ O ₃	5,04	6,58	5,92	4,40	5,98	6,16	3,23	6,62	5,75	6,92	5,21	6,08	8,71	6,28	9,20	6,31	7,27	
FeO	26,07	26,05	26,76	25,78	24,67	25,63	23,63	25,60	26,87	26,13	26,60	27,04	27,09	27,99	26,92	28,01	27,54	
MnO	0,65	0,54	0,76	0,73	0,63	0,72	0,69	0,72	0,68	0,72	0,82	0,83	0,68	0,90	0,71	0,85	0,83	
MgO	7,01	6,33	6,12	7,37	7,65	6,61	9,22	6,36	6,00	6,16	6,33	5,45	4,21	4,99	4,28	4,76	4,80	
CaO	10,23	10,42	10,12	10,24	10,30	10,41	9,86	10,31	10,24	10,50	10,21	9,74	10,07	9,81	10,35	9,45	9,84	
Na ₂ O	1,30	1,55	1,61	1,22	1,57	1,52	1,09	1,63	1,61	1,77	1,46	1,91	2,18	1,97	2,11	1,80	2,01	
K ₂ O	0,61	0,83	0,65	0,53	0,73	0,71	0,35	0,75	0,63	0,90	0,66	0,81	1,26	0,86	1,36	0,85	0,98	
F	0,57	0,57	0,47	0,28	0,35	0,57	0,46	0,42	0,42	0,71	0,44	0,65	0,65	0,67	0,61	0,46	0,59	
Cl	0,26	0,32	0,32	0,08	0,23	0,11	0,18	0,19	0,26	0,27	0,25	0,18	0,27	0,12	0,14	0,43	0,13	
Total	98,62	98,46	98,61	98,05	98,28	98,52	98,05	97,98	98,17	98,37	98,03	97,33	97,95	97,88	98,10	97,45	97,19	
O=F,Cl	0,30	0,31	0,27	0,13	0,20	0,26	0,24	0,22	0,23	0,36	0,24	0,31	0,33	0,31	0,29	0,29	0,28	
CTotal	98,32	98,15	98,34	97,92	98,08	98,26	97,81	97,76	97,94	98,01	97,79	97,02	97,62	97,57	97,81	97,16	96,91	
H ₂ O calc.	1,59	1,56	1,61	1,78	1,71	1,62	1,69	1,66	1,64	1,49	1,63	1,52	1,49	1,53	1,55	1,54	1,54	
Total	99,91	99,71	99,95	99,70	99,79	99,88	99,50	99,42	99,58	99,50	99,42	98,54	99,11	99,10	99,36	98,70	98,45	
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)																		
T	Si	6,990	6,796	6,840	7,066	6,838	6,844	7,266	6,792	6,856	6,710	6,936	6,784	6,388	6,764	6,303	6,791	6,555
	Al	0,903	1,193	1,070	0,787	1,071	1,110	0,569	1,202	1,047	1,264	0,946	1,123	1,612	1,158	1,697	1,166	1,354
	Ti	0,107	0,011	0,090	0,105	0,091	0,046	0,076	0,006	0,097	0,026	0,118	0,093	0,000	0,078	0,000	0,043	0,091
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,019	0,000	0,000
	Ti	0,004	0,120	0,063	0,000	0,047	0,114	0,000	0,146	0,058	0,095	0,006	0,071	0,306	0,051	0,312	0,102	0,116
	Mg	1,592	1,454	1,401	1,670	1,734	1,509	2,052	1,460	1,382	1,423	1,455	1,274	0,994	1,165	1,010	1,112	1,131
	Fe ²⁺	0,266	0,469	0,433	0,203	0,118	0,408	0,000	0,429	0,539	0,511	0,440	0,577	0,956	0,669	0,942	0,604	0,668
	Fe ³⁺	3,055	2,886	3,004	3,033	3,019	2,875	2,861	2,870	2,933	2,877	2,992	2,968	2,637	2,996	2,622	3,070	2,975
	Mn	0,084	0,071	0,099	0,094	0,081	0,094	0,087	0,094	0,089	0,095	0,108	0,110	0,092	0,119	0,095	0,112	0,111
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σ _C	5,001	5,000	5,000	5,000	4,999	5,000	5,000	4,999	5,001	5,001	5,001	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,001	
B	Ca	1,669	1,720	1,665	1,668	1,678	1,709	1,578	1,703	1,695	1,745	1,687	1,636	1,711	1,645	1,755	1,588	1,667
	Na	0,331	0,280	0,335	0,332	0,322	0,291	0,314	0,297	0,305	0,255	0,313	0,364	0,289	0,355	0,245	0,412	0,333
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,892	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A	Na	0,054	0,184	0,146	0,026	0,140	0,159	0,000	0,189	0,178	0,276	0,124	0,217	0,382	0,242	0,403	0,135	0,283
	K	0,118	0,163	0,127	0,102	0,141	0,139	0,067	0,147	0,125	0,177	0,130	0,161	0,254	0,172	0,274	0,169	0,198
	Σ _A	0,172	0,347	0,273	0,128	0,281	0,298	0,067	0,336	0,303	0,453	0,254	0,378	0,636	0,414	0,677	0,304	0,481
Total	15,173	15,347	15,273	15,128	15,280	15,298	14,959	15,335	15,304	15,454	15,255	15,378	15,636	15,414	15,677	15,304	15,482	
Cl	0,067	0,084	0,083	0,021	0,058	0,028	0,046	0,048	0,067	0,072	0,065	0,048	0,072	0,031	0,037	0,115	0,035	
F	0,274	0,276	0,226	0,133	0,167	0,277	0,218	0,207	0,206	0,347	0,216	0,320	0,328	0,329	0,305	0,230	0,295	
OH	1,651	1,633	1,684	1,842	1,769	1,690	1,729	1,740	1,722	1,573	1,713	1,624	1,595	1,631	1,654	1,647	1,662	
mg#	0,86	0,76	0,76	0,89	0,94	0,79	1,00	0,77	0,72	0,74	0,77	0,69	0,51	0,64	0,52	0,65	0,63	
	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHbl	MHas	MHbl	MHas	MHbl	MHbl	
	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺ e F	c/ Fe ³⁺	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , Ti, K, F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	

Tabela 12 - Continuação.

Amostra	CN07/C2	CN07/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN08/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2
Cristal-Análise	9-18	9-19	10-20	10-21	11-22	11-23	12-24	12-25	13-26	13-27	14-18	14-19	15-20	15-21	16-22	16-23	17-24	
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	
SiO ₂	43,20	42,91	44,23	44,25	43,78	44,29	44,40	43,96	44,63	44,59	43,74	42,49	44,03	43,65	45,26	43,25	45,52	
TiO ₂	1,52	1,65	1,38	1,40	1,22	1,10	1,28	1,18	1,01	1,11	1,33	1,48	1,26	1,06	0,63	1,43	0,40	
Al ₂ O ₃	6,73	6,59	6,34	6,28	6,09	5,96	5,87	6,38	5,89	5,72	6,70	7,44	6,56	6,61	3,80	5,51	3,79	
FeO	26,74	27,11	25,68	25,68	25,33	24,58	24,91	24,98	25,25	25,18	25,19	25,45	24,85	25,00	32,29	30,96	30,85	
MnO	0,84	0,95	0,74	0,75	0,67	0,73	0,71	0,70	0,67	0,69	0,74	0,71	0,74	0,68	0,90	0,84	0,94	
MgO	5,36	5,28	6,42	6,63	6,50	7,04	6,73	6,52	6,75	6,98	6,24	5,87	6,27	6,54	3,15	3,09	4,01	
CaO	9,92	10,08	10,03	10,14	10,30	10,25	10,28	10,50	10,27	10,25	10,31	10,47	10,42	10,32	8,53	9,19	8,45	
Na ₂ O	2,04	2,13	1,51	1,66	1,61	1,52	1,56	1,65	1,56	1,62	1,60	1,82	1,58	1,74	1,68	1,97	1,71	
K ₂ O	0,87	0,95	0,82	0,73	0,67	0,59	0,74	0,74	0,60	0,61	0,87	0,93	0,74	0,70	0,50	0,97	0,80	
F	0,80	0,70	0,37	0,40	0,41	0,49	0,45	0,46	0,38	0,26	0,40	0,34	0,37	0,44	0,55	0,45	0,78	
Cl	0,18	0,19	0,15	0,15	0,12	0,16	0,12	0,11	0,10	0,11	0,14	0,17	0,21	0,15	0,09	0,07	0,06	
Total	98,21	98,54	97,66	98,07	96,70	96,72	97,04	97,17	97,11	97,12	97,26	97,18	97,02	96,88	97,37	97,74	97,30	
O=F,Cl	0,38	0,34	0,19	0,20	0,20	0,24	0,22	0,22	0,18	0,13	0,20	0,18	0,20	0,22	0,25	0,21	0,34	
CTotal	97,83	98,20	97,47	97,87	96,50	96,48	96,82	96,95	96,93	96,99	97,06	97,00	96,82	96,66	97,12	97,53	96,96	
H ₂ O calc.	1,46	1,51	1,69	1,68	1,66	1,62	1,65	1,65	1,70	1,75	1,67	1,68	1,67	1,64	1,57	1,62	1,47	
Total	99,29	99,71	99,16	99,55	98,16	98,10	98,47	98,60	98,63	98,74	98,73	98,68	98,49	98,30	98,69	99,15	98,43	
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)																		
T	Si	6,740	6,700	6,812	6,793	6,832	6,870	6,893	6,840	6,901	6,884	6,799	6,654	6,860	6,800	7,118	6,855	7,143
	Al	1,237	1,212	1,151	1,134	1,120	1,089	1,074	1,160	1,073	1,041	1,201	1,346	1,140	1,200	0,703	1,028	0,700
	Ti	0,023	0,088	0,037	0,073	0,048	0,041	0,033	0,000	0,026	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,074	0,117	0,047
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,105	0,000	0,110
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,027	0,027	0,063	0,012	0,000	0,000	0,000
	Ti	0,155	0,105	0,123	0,089	0,095	0,087	0,116	0,138	0,092	0,054	0,155	0,174	0,147	0,124	0,000	0,053	0,000
	Mg	1,246	1,229	1,473	1,517	1,513	1,629	1,556	1,512	1,556	1,606	1,447	1,371	1,455	1,518	0,738	0,729	0,938
	Fe ²⁺	0,668	0,744	0,324	0,312	0,436	0,254	0,428	0,520	0,363	0,314	0,498	0,613	0,557	0,426	0,821	1,105	0,649
	Fe ³⁺	2,820	2,795	2,984	2,984	2,868	2,935	2,806	2,730	2,903	2,937	2,776	2,721	2,680	2,831	3,321	2,999	3,288
	Mn	0,111	0,126	0,096	0,097	0,088	0,096	0,093	0,092	0,087	0,090	0,097	0,095	0,097	0,089	0,120	0,113	0,124
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σ _C	5,000	4,999	5,000	4,999	5,000	5,001	4,999	5,001	5,001	5,001	5,000	5,001	4,999	5,000	5,000	4,999	4,999	
B	Ca	1,658	1,687	1,654	1,668	1,722	1,704	1,709	1,751	1,701	1,695	1,716	1,756	1,739	1,723	1,437	1,561	1,421
	Na	0,342	0,313	0,346	0,332	0,278	0,296	0,291	0,249	0,299	0,305	0,284	0,244	0,261	0,277	0,512	0,439	0,519
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,949	2,000	1,940
A	Na	0,275	0,330	0,105	0,161	0,208	0,161	0,180	0,248	0,167	0,181	0,200	0,309	0,216	0,248	0,000	0,166	0,000
	K	0,174	0,189	0,161	0,143	0,134	0,116	0,147	0,147	0,119	0,120	0,172	0,185	0,147	0,138	0,101	0,196	0,161
	Σ _A	0,449	0,519	0,266	0,304	0,342	0,277	0,327	0,395	0,286	0,301	0,372	0,494	0,363	0,386	0,101	0,362	0,161
Total	15,449	15,518	15,266	15,303	15,342	15,278	15,326	15,396	15,287	15,302	15,372	15,495	15,362	15,386	15,050	15,361	15,100	
Cl	0,048	0,051	0,039	0,040	0,032	0,043	0,031	0,028	0,027	0,028	0,036	0,044	0,056	0,040	0,024	0,020	0,015	
F	0,395	0,344	0,178	0,195	0,203	0,242	0,220	0,226	0,183	0,125	0,198	0,170	0,182	0,217	0,271	0,226	0,385	
OH	1,549	1,598	1,778	1,760	1,760	1,709	1,744	1,742	1,785	1,843	1,762	1,782	1,758	1,738	1,696	1,749	1,588	
mg#	0,65	0,62	0,82	0,83	0,78	0,87	0,78	0,74	0,81	0,84	0,74	0,69	0,72	0,78	0,47	0,40	0,59	
MHbl Ed MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl MHbl fFBar FHbl fBar																		
c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ Fe ³⁺ c/ F c/ Fe ³⁺ c/ F																		

Tabela 12 - Continuação.

Amostra	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN10/C2	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20
Cristal-Análise	17-25	18-26	18-27	19-28	19-29	19-30	20-31	20-32	21-33	21-34	22-35	22-36	23-37	23-38	24-39	24-40	25-41
Localização	c	b	c	b	i	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b
SiO ₂	43,78	42,58	42,99	42,31	44,09	43,97	43,30	43,49	44,40	44,15	42,99	43,89	42,77	43,60	44,53	44,04	45,34
TiO ₂	1,43	1,53	1,40	1,51	1,46	1,41	1,28	1,57	1,26	1,21	1,03	1,31	1,52	1,32	1,09	1,08	0,75
Al ₂ O ₃	4,77	5,91	5,16	5,88	4,73	4,78	5,52	5,00	4,72	4,43	5,61	5,03	6,27	5,91	4,71	4,89	4,66
FeO	30,18	29,78	30,55	30,56	29,20	30,67	30,01	30,46	29,61	30,78	30,32	29,89	26,02	25,90	25,70	26,10	24,62
MnO	0,74	0,67	0,73	0,72	0,69	0,74	0,74	0,77	0,78	0,87	0,84	0,80	0,54	0,58	0,65	0,65	0,62
MgO	3,76	3,32	3,67	3,43	4,45	3,50	3,64	3,72	3,59	3,66	3,41	3,98	5,51	5,77	6,25	5,85	7,06
CaO	9,03	9,38	8,84	9,20	9,13	8,75	9,38	8,87	9,86	8,31	9,31	9,08	10,07	10,01	9,71	10,06	10,33
Na ₂ O	1,88	1,81	1,80	2,12	2,03	1,92	1,85	2,01	1,85	1,91	1,86	1,92	2,16	2,28	1,95	1,65	1,71
K ₂ O	0,85	0,93	0,92	0,93	0,65	1,03	0,88	0,97	0,73	0,88	0,92	0,96	0,97	0,81	0,79	0,95	0,89
F	0,57	0,74	0,78	0,96	0,65	0,62	0,61	0,61	0,58	0,81	0,65	0,88	1,09	1,09	0,81	0,70	0,97
Cl	0,15	0,38	0,20	0,27	0,08	0,10	0,25	0,06	0,19	0,05	0,34	0,06	0,24	0,16	0,27	0,30	0,13
Total	97,12	97,01	97,03	97,89	97,17	97,49	97,46	97,52	97,54	97,06	97,27	97,79	97,16	97,43	96,44	96,27	97,07
O=F,Cl	0,27	0,40	0,37	0,46	0,29	0,28	0,31	0,27	0,29	0,35	0,35	0,38	0,51	0,49	0,40	0,36	0,44
CTotal	96,85	96,61	96,66	97,43	96,88	97,21	97,15	97,25	97,25	96,71	96,92	97,41	96,65	96,94	96,04	95,91	96,63
H ₂ O calc.	1,54	1,39	1,41	1,32	1,53	1,53	1,50	1,55	1,54	1,44	1,45	1,43	1,28	1,32	1,42	1,45	1,40
Total	98,39	98,00	98,07	98,75	98,41	98,74	98,65	98,80	98,79	98,15	98,37	98,84	97,93	98,26	97,46	97,36	98,03
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)																	
T	Si	6,946	6,824	6,836	6,736	6,956	6,957	6,872	6,875	7,069	6,982	6,855	6,924	6,803	6,887	7,038	7,099
	Al	0,891	1,116	0,966	1,103	0,879	0,891	1,032	0,931	0,885	0,824	0,935	1,175	1,100	0,877	0,917	0,859
	Ti	0,163	0,060	0,167	0,161	0,165	0,152	0,096	0,187	0,046	0,143	0,091	0,141	0,022	0,013	0,085	0,042
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Ti	0,007	0,125	0,000	0,019	0,009	0,015	0,057	0,000	0,105	0,000	0,032	0,014	0,160	0,044	0,053	0,046
	Mg	0,888	0,793	0,869	0,814	1,047	0,826	0,860	0,876	0,851	0,864	0,811	0,936	1,307	1,357	1,473	1,649
	Fe ²⁺	0,949	1,096	0,790	0,988	0,827	0,964	1,005	0,899	1,351	0,725	0,998	0,885	0,899	0,857	0,651	0,619
	Fe ³⁺	3,057	2,895	3,242	3,082	3,026	3,096	2,980	3,122	2,591	3,294	3,046	2,562	2,563	2,745	2,680	2,604
	Mn	0,099	0,091	0,099	0,097	0,099	0,099	0,103	0,102	0,117	0,114	0,107	0,073	0,078	0,087	0,087	0,082
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _C	5,000	5,000	5,000	5,000	5,001	5,000	5,001	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
B	Ca	1,535	1,611	1,506	1,570	1,542	1,483	1,595	1,502	1,682	1,408	1,591	1,534	1,716	1,694	1,644	1,715
	Na	0,465	0,389	0,494	0,430	0,458	0,517	0,405	0,498	0,318	0,586	0,409	0,466	0,284	0,306	0,285	0,267
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,994	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A	Na	0,113	0,172	0,061	0,225	0,162	0,073	0,165	0,119	0,253	0,000	0,166	0,122	0,382	0,392	0,241	0,251
	K	0,171	0,189	0,187	0,189	0,131	0,209	0,179	0,195	0,148	0,178	0,188	0,192	0,196	0,164	0,158	0,179
	Σ _A	0,284	0,361	0,248	0,414	0,293	0,282	0,344	0,314	0,401	0,178	0,354	0,314	0,578	0,556	0,399	0,430
Total		15,284	15,361	15,248	15,414	15,294	15,282	15,345	15,314	15,401	15,172	15,355	15,314	15,579	15,555	15,399	15,430
Cl		0,039	0,102	0,053	0,072	0,022	0,026	0,067	0,016	0,052	0,014	0,091	0,016	0,065	0,043	0,071	0,034
F		0,286	0,374	0,392	0,482	0,325	0,311	0,306	0,303	0,291	0,404	0,326	0,439	0,550	0,543	0,404	0,478
OH		1,667	1,514	1,542	1,433	1,645	1,655	1,619	1,673	1,653	1,570	1,574	1,535	1,378	1,406	1,517	1,481
mg#		0,48	0,42	0,52	0,45	0,56	0,46	0,46	0,49	0,39	0,54	0,45	0,51	0,59	0,61	0,69	0,73
	FHbl	FHbl	MHbl	MHbl	MHbl	FBar	FHbl	FHbl	FHbl	fBar	FHbl	MHbl	Ed	Ed	MHbl	MHbl	MHbl
	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F

Tabela 12 - Continuação.

Amostra	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20	CN20
Cristal-Análise	25-42	26-43	26-44	27-45	27-46	28-47	28-48
Localização	c	b	c	b	c	b	c
SiO ₂	43,72	45,63	43,00	43,89	45,84	46,89	44,67
TiO ₂	1,16	1,00	1,32	1,02	1,09	0,71	1,15
Al ₂ O ₃	5,58	4,23	6,51	5,92	3,87	3,59	6,20
FeO	25,58	26,19	25,81	25,68	26,33	24,88	20,18
MnO	0,66	0,69	0,68	0,66	0,89	0,72	0,53
MgO	6,14	6,42	5,72	6,32	6,57	7,29	10,05
CaO	9,42	9,60	9,97	9,61	8,95	9,65	10,63
Na ₂ O	2,19	1,97	2,23	2,43	1,97	1,59	2,55
K ₂ O	0,85	0,71	0,87	0,76	0,76	0,68	0,45
F	0,70	1,29	0,90	0,97	1,16	0,91	1,33
Cl	0,15	0,15	0,18	0,08	0,14	0,12	0,11
Total	96,12	97,87	97,18	97,32	97,35	97,04	97,85
O=F,Cl	0,33	0,58	0,42	0,43	0,52	0,41	0,59
CTotal	95,79	97,29	96,76	96,89	96,83	96,63	97,26
H ₂ O calc.	1,49	1,24	1,40	1,40	1,30	1,44	1,28
Total	97,28	98,53	98,16	98,29	98,13	98,07	98,54
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)							
T	Si	6,909	7,111	6,790	6,868	7,128	6,821
	Al	1,039	0,775	1,210	1,091	0,709	1,115
	Ti	0,052	0,114	0,000	0,041	0,163	0,082
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Ti	0,086	0,004	0,157	0,079	0,127	0,001
	Mg	1,446	1,492	1,345	1,473	1,522	1,682
	Fe ²⁺	0,542	0,590	0,744	0,536	0,267	0,385
	Fe ³⁺	2,839	2,824	2,664	2,824	2,993	2,838
	Mn	0,088	0,091	0,091	0,087	0,090	0,094
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _C	5,001	5,001	5,001	4,999	5,000	5,000
B	Ca	1,594	1,603	1,687	1,611	1,492	1,601
	Na	0,406	0,397	0,313	0,389	0,508	0,399
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A	Na	0,264	0,199	0,370	0,347	0,084	0,079
	K	0,170	0,141	0,175	0,151	0,151	0,135
	Σ _A	0,434	0,340	0,545	0,498	0,235	0,214
Total		15,435	15,341	15,546	15,497	15,234	15,582
Cl		0,041	0,039	0,048	0,022	0,037	0,032
F		0,350	0,636	0,447	0,482	0,571	0,448
OH		1,602	1,313	1,497	1,487	1,378	1,511
mg#		0,73	0,72	0,64	0,73	0,85	0,81
	MHbl	MHbl	Ed	MHbl	fBar	MHbl	Ed
	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ F	c/ Fe ³⁺ , F	c/ Fe ³⁺ , F

Tabela 13 - Composição química dos anfibólios dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações e classificação como na Tabela 12.

Amostra	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2
Cristal-Análise	1-01	1-02	1-03	2-04	2-05	3-06	3-07	3-08	4-09	4-10	5-11	5-12	6-13	6-14	7-15	7-16	8-17	
Localização	b	i	c	c	b	b	i	c	b	c	b	c	b	c	b	c	c	
SiO ₂	46,05	45,80	45,65	46,41	46,07	46,19	42,70	41,87	43,51	44,72	44,92	45,65	45,29	44,99	41,60	42,83	39,58	
TiO ₂	2,01	1,90	1,73	1,95	2,01	1,79	1,65	1,55	1,45	1,18	2,02	1,69	1,29	0,92	1,65	0,94	1,75	
Al ₂ O ₃	1,94	1,93	1,93	1,99	1,92	2,98	5,83	6,54	4,98	4,50	3,22	2,61	4,16	4,20	6,72	5,96	8,39	
FeO	33,15	33,20	33,08	32,61	32,52	28,70	29,28	29,58	28,85	25,93	30,55	28,79	28,82	28,28	30,87	31,37	31,93	
MnO	1,22	1,28	1,19	1,25	1,17	0,84	0,81	0,86	0,82	0,79	0,99	0,95	0,93	0,92	1,17	1,29	0,86	
MgO	0,95	0,69	0,70	1,36	1,08	4,06	3,18	3,20	3,84	5,72	2,65	3,82	3,96	4,21	1,03	0,83	1,20	
CaO	5,84	5,79	5,80	5,95	6,00	7,47	8,90	9,15	8,43	8,96	7,12	7,18	8,36	8,28	4,50	3,67	7,30	
Na ₂ O	4,10	4,25	4,40	4,14	4,19	3,83	3,25	3,26	3,30	3,33	3,74	3,82	3,41	3,29	5,55	5,89	4,02	
K ₂ O	1,18	1,11	1,23	1,18	1,18	1,27	1,35	1,15	1,42	1,32	1,24	1,24	1,32	1,33	1,87	1,80	1,74	
F	0,76	0,76	0,86	0,84	0,83	1,29	1,18	1,25	1,34	1,27	0,89	1,31	1,28	1,26	0,39	0,55	0,54	
Cl	0,07	0,08	0,12	0,09	0,10	0,08	0,13	0,13	0,08	0,06	0,07	0,09	0,08	0,09	0,01	0,00	0,02	
Soma	97,25	96,79	96,67	97,77	97,06	98,48	98,25	98,53	98,01	97,78	97,38	97,14	98,90	97,76	95,36	95,12	97,33	
O=F,Cl	0,33	0,34	0,39	0,37	0,37	0,56	0,52	0,55	0,58	0,55	0,39	0,57	0,56	0,55	0,16	0,23	0,23	
Total	96,92	96,45	96,28	97,40	96,69	97,92	97,73	97,98	97,43	97,23	96,99	96,57	98,34	97,21	95,20	94,89	97,10	
H ₂ O calc.	1,45	1,43	1,37	1,41	1,40	1,24	1,26	1,22	1,19	1,25	1,40	1,20	1,25	1,24	1,60	1,53	1,55	
Total	98,37	97,88	97,65	98,81	98,09	99,16	98,99	99,20	98,62	98,48	98,39	97,77	99,59	98,45	96,80	96,42	98,65	
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)																		
T	Si	7,481	7,500	7,518	7,487	7,521	7,340	6,876	6,722	6,983	7,109	7,249	7,366	7,184	7,193	6,837	7,038	6,432
	Al	0,371	0,373	0,374	0,378	0,369	0,558	1,106	1,236	0,941	0,842	0,613	0,496	0,777	0,790	1,163	0,962	1,568
	Ti	0,148	0,127	0,108	0,135	0,110	0,102	0,018	0,042	0,076	0,049	0,138	0,138	0,039	0,017	0,000	0,000	0,000
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,137	0,191	0,038
	Ti	0,097	0,107	0,106	0,102	0,137	0,112	0,181	0,146	0,098	0,092	0,107	0,067	0,115	0,094	0,204	0,116	0,214
	Mg	0,231	0,169	0,171	0,328	0,263	0,961	0,764	0,766	0,918	1,355	0,637	0,919	0,937	1,002	0,253	0,203	0,290
	Fe ²⁺	1,894	2,003	2,105	1,818	2,013	1,459	1,581	1,423	1,347	1,136	1,607	1,456	1,434	1,303	1,372	1,317	1,407
	Fe ³⁺	2,610	2,544	2,452	2,581	2,426	2,354	2,383	2,549	2,526	2,311	2,514	2,428	2,389	2,477	2,871	2,994	2,933
	Mn	0,168	0,177	0,166	0,171	0,162	0,113	0,110	0,117	0,112	0,107	0,135	0,130	0,125	0,124	0,163	0,179	0,119
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _C	5,000	5,000	5,000	5,000	5,001	4,999	4,999	5,001	5,001	5,001	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,001
B	Ca	1,017	1,016	1,024	1,028	1,049	1,272	1,535	1,574	1,450	1,526	1,231	1,242	1,422	1,418	0,793	0,646	1,271
	Na	0,983	0,984	0,976	0,972	0,951	0,728	0,465	0,426	0,550	0,474	0,769	0,758	0,578	0,582	1,207	1,354	0,729
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A	Na	0,306	0,366	0,428	0,322	0,376	0,451	0,548	0,587	0,477	0,553	0,401	0,437	0,471	0,437	0,562	0,523	0,538
	K	0,244	0,232	0,257	0,243	0,245	0,257	0,277	0,235	0,291	0,268	0,254	0,255	0,267	0,271	0,393	0,377	0,361
	Σ _A	0,550	0,598	0,685	0,565	0,621	0,708	0,825	0,822	0,768	0,821	0,655	0,692	0,738	0,708	0,955	0,900	0,899
Total		15,550	15,598	15,685	15,565	15,622	15,707	15,824	15,823	15,769	15,822	15,655	15,692	15,738	15,708	15,955	15,900	15,900
Cl		0,018	0,023	0,034	0,025	0,027	0,020	0,036	0,036	0,022	0,017	0,018	0,024	0,022	0,024	0,002	0,000	0,005
F		0,388	0,393	0,446	0,429	0,431	0,648	0,599	0,633	0,681	0,639	0,452	0,667	0,642	0,636	0,201	0,284	0,279
OH		1,588	1,579	1,515	1,540	1,538	1,326	1,360	1,323	1,289	1,340	1,525	1,303	1,330	1,333	1,793	1,710	1,711
mg#		0,11	0,08	0,08	0,15	0,12	0,40	0,33	0,35	0,41	0,54	0,28	0,39	0,40	0,43	0,16	0,13	0,17
Ktf FRct FRct Ktf FRct Ktf FEd FEd Ktf FEd Ktf Ktf Ktf Ktf Ktf Ktf Ktf Tmt																		
c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , K c/ Fe ³⁺ , K c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , K, F c/ Fe ³⁺ , K, F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , K, F c/ Fe ³⁺ , K c/ Fe ³⁺ , K, F c/ Fe ³⁺ , K, F																		

Tabela 13 - Continuação.

Amostra Cristal-Análise Localização	CN04/B2 8-18 b	CN09/A2 9-19 b	CN09/A2 9-20 c	CN09/A2 10-21 b	CN09/A2 10-22 i	CN09/A2 10-23 b
SiO ₂	40,23	42,87	42,05	44,12	44,12	43,46
TiO ₂	0,89	0,78	0,59	0,99	0,99	0,92
Al ₂ O ₃	7,63	5,21	5,50	3,89	3,89	4,30
FeO	32,51	33,06	34,10	32,55	33,22	32,48
MnO	1,19	1,31	1,17	1,09	0,99	1,06
MgO	0,42	0,82	0,72	0,95	0,91	0,95
CaO	5,73	6,13	6,35	5,87	5,78	5,81
Na ₂ O	4,76	4,37	4,39	4,62	4,65	4,63
K ₂ O	1,76	1,62	1,63	1,48	1,47	1,61
F	0,47	0,78	0,68	0,59	0,44	0,75
Cl	0,01	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02
Total	95,61	96,99	97,21	96,16	96,48	95,98
O=F,Cl	0,20	0,34	0,29	0,25	0,19	0,32
CTotal	95,41	96,65	96,92	95,91	96,29	95,66
H ₂ O calc.	1,55	1,42	1,46	1,51	1,59	1,43
Total	96,96	98,07	98,38	97,42	97,88	97,09
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)						
T Si	6,645	7,004	6,873	7,260	7,222	7,179
Al	1,355	0,996	1,058	0,740	0,750	0,821
Ti	0,000	0,000	0,069	0,000	0,028	0,000
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C Al	0,130	0,007	0,000	0,014	0,000	0,016
Ti	0,111	0,095	0,003	0,122	0,094	0,114
Mg	0,103	0,199	0,175	0,232	0,223	0,234
Fe ²⁺	1,412	1,585	1,564	1,855	1,793	1,786
Fe ³⁺	3,078	2,932	3,096	2,625	2,754	2,701
Mn	0,166	0,182	0,162	0,151	0,137	0,149
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σ _C	5,000	5,000	5,000	4,999	5,001	5,000
B Ca	1,014	1,073	1,111	1,035	1,013	1,028
Na	0,986	0,927	0,889	0,965	0,987	0,972
Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A Na	0,540	0,457	0,504	0,510	0,488	0,510
K	0,371	0,337	0,340	0,310	0,308	0,338
Σ _A	0,911	0,794	0,844	0,820	0,796	0,848
Total	15,911	15,794	15,844	15,819	15,797	15,848
Cl	0,002	0,010	0,010	0,005	0,006	0,005
F	0,248	0,405	0,351	0,309	0,229	0,391
OH	1,745	1,577	1,629	1,682	1,762	1,598
mg#	0,07	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12
Ktf Ktf Ktf Ktf Ktf Ktf						
cl/Fe ³⁺ , K, F cl/Fe ³⁺ , K, F cl/Fe ³⁺ , K, F cl/Fe ³⁺ , K, F cl/Fe ³⁺ , K, F cl/Fe ³⁺ , K, F						

Tabela 14 - Composição química dos anfibólios dos quartzo-álcali feldspato sienitos porfíricos do Morrete, Ilha Comprida. Abreviações e classificação como na Tabela 12.

Amostra	CN07	CN07	CN07	CN07	CN07	CN08	CN08	CN08	CN08	CN08	CN08	CN10	CN10	CN10	CN10	CN10	CN10
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	2-05	3-06	3-07	4-08	4-09	5-10	5-11	6-12	6-13	6-14	7-15	7-16	7-17
Localização	b	c	b	c	b	b	c	b	c	b	c	b	i	c	b	b	i
SiO ₂	46,79	48,11	47,60	48,25	47,54	45,27	46,12	44,77	44,59	45,74	45,74	45,09	45,56	46,30	49,53	47,11	49,74
TiO ₂	1,10	1,23	1,20	0,82	1,23	1,34	1,18	1,53	1,39	1,33	1,33	1,41	1,55	1,67	0,60	0,53	0,54
Al ₂ O ₃	2,14	1,21	1,96	1,98	2,68	2,46	1,96	3,24	3,21	2,93	2,93	3,52	3,42	3,27	1,98	4,51	2,06
FeO	32,36	32,92	29,38	27,77	26,00	32,59	32,67	32,01	32,43	32,70	32,32	32,06	31,42	31,32	25,62	22,20	24,67
MnO	1,07	0,96	0,85	0,81	0,75	1,06	1,09	1,08	1,01	1,19	1,19	1,01	0,95	0,95	0,81	0,70	0,77
MgO	1,18	1,19	4,03	5,13	5,99	1,53	1,53	1,23	1,10	1,08	1,08	1,52	2,17	2,43	7,06	9,01	7,53
CaO	6,05	5,04	6,08	6,23	6,74	6,45	6,03	6,69	6,70	6,24	6,24	7,35	7,39	7,23	7,31	8,65	7,51
Na ₂ O	3,44	3,64	3,96	3,78	3,83	3,23	3,33	3,13	3,17	3,33	3,33	3,38	3,41	3,50	3,54	3,47	3,64
K ₂ O	1,07	0,88	1,11	1,09	1,21	1,01	0,97	1,07	1,03	0,99	0,99	1,03	1,02	1,11	1,02	1,06	0,99
F	0,67	0,50	1,20	1,45	1,29	0,68	0,74	0,84	0,82	0,55	0,55	0,81	1,12	1,14	1,60	1,97	1,80
Cl	0,09	0,06	0,08	0,04	0,05	0,08	0,11	0,09	0,10	0,05	0,05	0,10	0,09	0,10	0,02	0,04	0,01
Total	95,97	95,72	97,44	97,35	97,31	95,68	95,71	95,68	95,56	96,11	95,74	97,28	98,08	99,03	99,09	99,26	99,27
O=F,Cl	0,30	0,22	0,52	0,62	0,56	0,30	0,34	0,37	0,37	0,24	0,24	0,36	0,49	0,50	0,68	0,84	0,76
CTotal	95,67	95,50	96,92	96,73	96,75	95,38	95,37	95,31	95,19	95,87	95,50	96,92	97,59	98,53	98,41	98,42	98,51
H ₂ O calc.	1,47	1,57	1,27	1,18	1,26	1,46	1,42	1,38	1,38	1,54	1,54	1,42	1,30	1,30	1,17	0,99	1,08
Total	97,14	97,07	98,19	97,91	98,01	96,84	96,79	96,69	96,57	97,41	97,04	98,34	98,89	99,83	99,58	99,41	99,59
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)																	
T	Si	7,616	7,762	7,537	7,580	7,452	7,393	7,510	7,343	7,335	7,419	7,448	7,307	7,306	7,337	7,580	7,599
	Al	0,384	0,229	0,365	0,366	0,495	0,472	0,376	0,625	0,622	0,559	0,552	0,672	0,646	0,611	0,356	0,371
	Ti	0,000	0,009	0,098	0,054	0,053	0,135	0,114	0,032	0,043	0,022	0,000	0,021	0,048	0,052	0,064	0,030
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Ti	0,134	0,141	0,045	0,043	0,093	0,030	0,031	0,157	0,129	0,140	0,162	0,151	0,138	0,147	0,005	0,039
	Mg	0,287	0,287	0,950	1,201	1,400	0,373	0,371	0,302	0,269	0,262	0,263	0,366	0,519	0,574	1,611	1,716
	Fe ²⁺	1,736	1,553	1,122	0,839	0,768	1,527	1,490	1,653	1,687	1,574	1,616	1,801	1,652	1,592	0,579	0,575
	Fe ³⁺	2,669	2,889	2,769	2,810	2,641	2,924	2,958	2,739	2,775	2,861	2,786	2,543	2,562	2,558	2,700	2,577
	Mn	0,147	0,131	0,113	0,107	0,099	0,147	0,150	0,149	0,141	0,163	0,164	0,139	0,128	0,128	0,105	0,100
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _C	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
B	Ca	1,056	0,870	1,032	1,049	1,132	1,128	1,052	1,176	1,180	1,084	1,088	1,275	1,269	1,228	1,198	1,229
	Na	0,944	1,130	0,968	0,951	0,868	0,872	0,948	0,824	0,820	0,916	0,912	0,725	0,731	0,772	0,802	0,771
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A	Na	0,142	0,008	0,248	0,200	0,295	0,150	0,102	0,173	0,192	0,131	0,139	0,339	0,329	0,304	0,249	0,307
	K	0,222	0,181	0,225	0,219	0,242	0,209	0,202	0,223	0,217	0,205	0,205	0,214	0,209	0,225	0,198	0,206
	Σ _A	0,365	0,189	0,473	0,420	0,537	0,360	0,304	0,395	0,409	0,336	0,345	0,552	0,538	0,529	0,447	0,500
Total		15,365	15,189	15,473	15,420	15,537	15,360	15,304	15,395	15,409	15,336	15,345	15,552	15,538	15,529	15,447	15,500
Cl		0,025	0,015	0,021	0,011	0,013	0,021	0,031	0,025	0,029	0,015	0,027	0,024	0,026	0,004	0,011	0,003
F		0,347	0,254	0,600	0,720	0,641	0,351	0,380	0,437	0,426	0,280	0,281	0,417	0,565	0,572	0,774	0,872
OH		1,623	1,726	1,368	1,255	1,336	1,621	1,581	1,531	1,537	1,700	1,699	1,551	1,404	1,395	1,210	1,114
mg#		0,14	0,16	0,46	0,59	0,65	0,20	0,20	0,15	0,14	0,14	0,14	0,17	0,24	0,27	0,93	0,75
FWin Win MKtf FBar FWin FBar FBar FBar FBar Ktf Ktf Ktf Win MKtf Rct																	
c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F c/ Fe ³⁺ , F																	

Tabela 14 - Continuação.

Amostra Cristal-Análise Localização	CN10 8-18 b	CN10 8-19 c	CN10 9-20 b	CN10 9-21 c	CN10 10-22 b	CN10 10-23 c
SiO ₂	45,60	45,66	45,11	44,94	45,01	44,99
TiO ₂	1,41	1,55	1,31	1,24	1,30	1,34
Al ₂ O ₃	3,21	2,95	3,22	3,30	3,34	3,23
FeO	32,66	31,04	32,71	32,67	33,11	33,30
MnO	0,98	0,97	1,05	12,15	1,09	1,13
MgO	1,37	2,06	0,96	1,09	1,12	1,08
CaO	6,44	7,20	7,00	7,05	7,06	6,97
Na ₂ O	3,60	3,55	3,44	3,48	3,56	3,54
K ₂ O	1,10	1,11	1,07	1,05	1,06	1,03
F	0,73	1,13	0,95	1,03	0,73	0,95
Cl	0,07	0,09	0,07	0,09	0,07	0,08
Total	97,16	97,30	96,89	108,09	97,46	97,61
O=F,Cl	0,32	0,50	0,42	0,45	0,32	0,42
CTotal	96,84	96,80	96,47	107,64	97,14	97,19
H ₂ O calc.	1,46	1,28	1,34	1,42	1,46	1,35
Total	98,30	98,08	97,81	109,06	98,60	98,54
Fórmula estrutural calculada na base de 24 (O, OH, F, Cl)						
T	Si	7,353	7,406	7,371	7,332	7,293
	Al	0,609	0,564	0,620	0,635	0,616
	Ti	0,038	0,030	0,009	0,033	0,091
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Ti	0,133	0,159	0,152	0,119	0,091
	Mg	0,329	0,499	0,233	0,264	0,260
	Fe ²⁺	1,637	1,811	1,919	1,847	1,785
	Fe ³⁺	2,767	2,399	2,551	2,611	2,728
	Mn	0,134	0,133	0,145	0,159	0,155
	Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _C	5,000	5,001	5,000	5,000	5,000
B	Ca	1,113	1,251	1,226	1,233	1,227
	Na	0,887	0,749	0,774	0,767	0,773
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A	Na	0,238	0,368	0,315	0,334	0,345
	K	0,226	0,230	0,223	0,219	0,220
	Σ _A	0,464	0,598	0,538	0,553	0,565
Total		15,464	15,599	15,538	15,553	15,535
Cl		0,020	0,026	0,020	0,025	0,021
F		0,371	0,578	0,490	0,532	0,375
OH		1,602	1,392	1,483	1,471	1,486
mg#		0,17	0,22	0,11	0,13	0,13
<div> <div>ifBar</div> <div>c/ F</div> </div> <div> <div>Ktf</div> <div>c/ Fe³⁺, F</div> </div> <div> <div>Ktf</div> <div>c/ Fe³⁺, F</div> </div> <div> <div>Ktf</div> <div>c/ Fe³⁺, F</div> </div> <div> <div>Ktf</div> <div>c/ Fe³⁺, F</div> </div> <div> <div>Ktf</div> <div>c/ Fe³⁺, F</div> </div>						

Tabela 15 - Composição química dos anfibólios dos microssienitos porfíricos com textura traquítica do Morro de São João, Cananéia. Abreviações como na Tabela 12.

Amostra Cristal-Análise Localização	CN24 1-01 b	CN24 1-02 c	CN24 2-03 b	CN24 2-04 c	CN24 3-05 b	CN24 3-06 c	CN24 4-17 b	CN24 4-08 c	CN24 5-09 b	CN24 5-10 c	CN24 6-11 b-v	CN24 6-12 b-v	CN24 6-13 b-v	CN24 7-14 b-v	CN24 7-15 c-v	CN24 8-16 b-v	CN24 8-17 c-v
SiO ₂	49,89	49,27	49,04	49,17	49,08	48,81	49,47	48,65	49,20	49,15	49,72	49,10	49,24	49,43	49,14	49,70	48,96
TiO ₂	1,54	1,67	1,33	1,55	1,49	1,15	1,36	1,07	1,47	1,51	1,20	1,35	1,28	1,17	1,42	1,36	1,18
Al ₂ O ₃	0,56	0,58	0,69	0,75	0,58	0,82	0,54	0,60	0,54	0,50	0,64	0,62	0,61	0,39	0,34	0,44	0,35
FeO	31,98	31,62	31,71	31,82	31,57	31,83	31,67	32,11	32,29	32,22	31,93	31,86	31,64	32,48	32,51	32,31	32,85
MnO	1,79	1,82	1,75	1,77	1,76	1,82	1,82	1,86	1,86	1,86	1,86	1,88	1,80	1,84	1,82	1,69	1,82
MgO	0,13	0,15	0,11	0,15	0,16	0,16	0,16	0,18	0,13	0,12	0,14	0,18	0,16	0,14	0,16	0,11	0,15
CaO	1,43	1,43	1,49	1,43	1,39	1,41	1,47	1,41	1,44	1,37	1,37	1,36	1,38	1,21	1,27	1,31	1,11
Na ₂ O	7,42	7,35	7,43	7,44	7,33	7,50	7,30	7,43	7,05	6,76	6,61	6,59	6,67	7,57	7,55	6,87	7,57
K ₂ O	1,78	1,81	1,80	1,78	1,82	1,77	1,76	1,74	1,73	1,69	1,86	1,90	1,71	1,79	1,72	1,70	1,76
F	1,56	1,29	1,35	0,92	1,12	1,14	1,21	1,23	1,22	1,17	1,15	1,11	1,02	1,22	1,57	1,40	1,59
Cl	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,00	0,01	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	98,10	97,01	96,73	96,80	96,31	96,44	96,77	96,27	96,91	96,37	96,55	95,98	95,53	97,25	97,50	96,91	97,36
O=F,Cl	0,66	0,55	0,57	0,40	0,48	0,49	0,51	0,53	0,51	0,49	0,50	0,47	0,44	0,52	0,66	0,59	0,67
CTotal	97,44	96,46	96,16	96,40	95,83	95,95	96,26	95,74	96,40	95,88	96,05	95,51	95,09	96,73	96,84	96,32	96,69
H ₂ O calc.	1,10	1,20	1,17	1,38	1,28	1,26	1,25	1,21	1,24	1,26	1,26	1,28	1,32	1,24	1,08	1,16	1,06
Total	98,54	97,66	97,33	97,78	97,11	97,21	97,51	96,95	97,64	97,14	97,31	96,79	96,41	97,97	97,92	97,48	97,75
Fórmula estrutural calculada na base 24 (O, OH, F, Cl)																	
T	Si	7,976	7,951	7,952	7,922	7,959	7,915	7,985	7,910	7,911	7,915	7,977	7,932	7,973	7,948	7,914	7,975
	Al	0,024	0,049	0,048	0,078	0,041	0,085	0,015	0,090	0,089	0,085	0,023	0,068	0,027	0,052	0,086	0,025
	Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Σ _T	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
C	Al	0,085	0,065	0,086	0,067	0,071	0,073	0,089	0,026	0,015	0,012	0,100	0,051	0,092	0,023	0,000	0,060
	Ti	0,187	0,205	0,164	0,191	0,185	0,142	0,168	0,133	0,180	0,186	0,147	0,166	0,158	0,143	0,175	0,146
	Mg	0,032	0,036	0,028	0,036	0,040	0,039	0,039	0,044	0,030	0,029	0,034	0,043	0,039	0,035	0,038	0,037
	Fe ²⁺	2,137	2,194	2,235	2,173	2,181	2,138	2,179	2,097	2,008	1,903	1,900	1,880	1,922	2,106	2,105	1,975
	Fe ³⁺	2,222	2,183	2,175	2,253	2,204	2,326	2,173	2,422	2,485	2,583	2,470	2,553	2,451	2,376	2,402	2,538
	Mn	0,246	0,252	0,244	0,244	0,246	0,254	0,252	0,254	0,257	0,257	0,256	0,260	0,251	0,254	0,252	0,252
	Ca	0,091	0,066	0,067	0,036	0,074	0,029	0,100	0,024	0,025	0,029	0,092	0,046	0,088	0,062	0,028	0,090
	Σ _C	5,000	5,001	4,999	5,000	5,001	5,001	5,000	5,000	4,999	4,999	4,999	5,001	4,999	5,000	5,000	5,000
B	Ca	0,158	0,185	0,196	0,213	0,171	0,219	0,158	0,225	0,227	0,211	0,146	0,194	0,155	0,150	0,194	0,139
	Na	1,842	1,815	1,804	1,787	1,829	1,781	1,842	1,775	1,773	1,789	1,854	1,806	1,845	1,850	1,806	1,861
	Σ _B	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
A	Na	0,490	0,517	0,567	0,570	0,508	0,612	0,476	0,602	0,455	0,354	0,233	0,289	0,278	0,544	0,585	0,306
	K	0,368	0,377	0,378	0,371	0,381	0,371	0,367	0,365	0,359	0,352	0,387	0,397	0,358	0,372	0,358	0,368
	Σ _A	0,858	0,894	0,945	0,941	0,889	0,983	0,843	0,967	0,814	0,706	0,620	0,686	0,636	0,916	0,943	0,674
Total		15,858	15,895	15,944	15,941	15,890	15,984	15,843	15,967	15,814	15,705	15,619	15,685	15,637	15,915	15,943	15,958
Cl		0,005	0,011	0,007	0,009	0,005	0,011	0,004	0,011	0,001	0,003	0,020	0,010	0,007	0,003	0,001	0,002
F		0,798	0,668	0,700	0,478	0,583	0,592	0,626	0,641	0,629	0,604	0,590	0,574	0,531	0,631	0,812	0,723
OH		1,194	1,319	1,291	1,512	1,409	1,394	1,367	1,343	1,365	1,386	1,385	1,41	1,457	1,181	1,267	1,167
mg#		0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Avd																	
d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F d/Fe ³⁺ , K, F																	

Tabela 16 - Composição química de biotitas dos álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais. Proporção de H₂O na fórmula estrutural estimada em 4,00 a.f.u.; mg# = MgO/(MgO+FeO).

Amostra	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN06/B2	CN07/B2	CN07/B2	CN07/B2	CN07/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	6-11	6-12	7-14	7-15	8-16	8-17	9-19	9-20
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
SiO ₂	34.48	35.62	34.59	34.46	34.73	34.74	34.56	35.08	34.57	34.87	34.37	34.22	34.91	34.36	34.97	34.49	34.81	34.57
TiO ₂	5.55	5.06	5.42	5.55	5.38	5.48	5.18	5.07	5.18	5.27	4.40	4.45	4.68	5.52	4.88	5.45	4.25	5.10
Al ₂ O ₃	13.03	13.08	12.71	12.93	12.92	12.89	13.07	12.77	12.88	13.05	12.07	12.25	12.33	12.31	12.66	12.47	12.38	12.29
FeO _T	27.78	28.84	28.57	28.17	28.52	28.63	28.04	27.79	28.10	27.92	29.74	29.87	29.01	29.14	27.94	27.77	28.39	28.15
MnO	0.23	0.19	0.27	0.23	0.31	0.28	0.25	0.20	0.24	0.28	0.29	0.33	0.30	0.34	0.26	0.27	0.34	0.31
MgO	5.53	5.73	5.36	5.55	5.45	5.39	5.68	5.84	5.51	5.50	4.82	4.77	5.25	4.62	5.77	5.60	5.79	5.55
CaO	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Na ₂ O	0.20	0.13	0.10	0.23	0.20	0.12	0.16	0.19	0.17	0.24	0.17	0.25	0.27	0.35	0.13	0.27	0.08	0.18
K ₂ O	8.81	8.93	8.74	8.64	8.65	8.86	8.47	8.62	8.67	8.70	8.68	8.61	8.57	8.60	8.80	8.68	8.89	9.00
Cl	0.33	0.34	0.28	0.25	0.14	0.25	0.34	0.36	0.39	0.13	0.51	0.56	0.20	0.21	0.25	0.17	0.34	0.29
F	0.43	0.44	0.54	0.39	0.50	0.44	0.25	0.47	0.65	0.51	0.88	0.71	1.07	0.78	0.42	0.52	0.53	0.46
BaO	0.63	0.60	0.20	0.36	0.30	0.40	0.22	0.13	0.24	0.33	0.07	0.43	0.09	0.11	0.26	0.58	0.22	0.22
Total	97.01	98.95	96.81	96.74	97.09	97.48	96.28	96.57	96.65	96.82	96.00	96.46	96.68	96.33	96.34	96.26	96.05	96.10
O=F, Cl	0.25	0.26	0.29	0.22	0.24	0.24	0.18	0.28	0.36	0.24	0.49	0.42	0.50	0.38	0.23	0.26	0.30	0.26
Total	96.76	98.69	96.52	96.52	96.85	97.24	96.10	96.29	96.29	96.58	95.51	96.04	96.18	95.95	96.11	96.00	95.75	95.84
H ₂ O calc.	3.48	3.55	3.43	3.51	3.50	3.51	3.55	3.46	3.34	3.50	3.12	3.20	3.17	3.29	3.49	3.45	3.38	3.43
Total	100.24	102.24	99.95	100.03	100.35	100.75	99.65	99.75	99.63	100.08	98.63	99.24	99.35	99.24	99.60	99.45	99.13	99.27
Fórmula estrutural calculada na base de 24 oxigênios																		
Si	5.493	5.563	5.527	5.493	5.518	5.512	5.515	5.581	5.533	5.540	5.613	5.572	5.616	5.550	5.587	5.536	5.613	5.567
Al ^{IV}	2.445	2.406	2.392	2.426	2.417	2.408	2.456	2.393	2.428	2.442	2.321	2.350	2.336	2.342	2.381	2.357	2.351	2.331
Fe ³⁺	0.062	0.031	0.081	0.081	0.065	0.080	0.029	0.026	0.039	0.018	0.066	0.078	0.048	0.108	0.032	0.107	0.036	0.102
ΣTetraédrico	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.666	0.595	0.651	0.665	0.643	0.654	0.622	0.607	0.623	0.630	0.540	0.546	0.567	0.671	0.587	0.658	0.516	0.617
Fe ²⁺	3.639	3.736	3.736	3.674	3.725	3.719	3.713	3.671	3.723	3.692	3.995	3.991	3.854	3.828	3.701	3.620	3.793	3.689
Mn	0.031	0.025	0.036	0.031	0.042	0.037	0.033	0.027	0.032	0.037	0.040	0.046	0.041	0.046	0.035	0.037	0.046	0.042
Mg	1.313	1.334	1.277	1.320	1.290	1.275	1.352	1.386	1.315	1.302	1.172	1.158	1.258	1.112	1.375	1.341	1.391	1.333
□ ^{VI}	0.351	0.310	0.300	0.310	0.300	0.315	0.280	0.309	0.307	0.339	0.253	0.259	0.280	0.343	0.302	0.344	0.254	0.319
ΣOctaédrico	5.649	5.690	5.700	5.690	5.700	5.685	5.720	5.691	5.693	5.661	5.747	5.741	5.720	5.657	5.698	5.656	5.746	5.681
Ba	0.040	0.040	0.010	0.020	0.020	0.030	0.010	0.010	0.020	0.020	0.000	0.030	0.010	0.010	0.020	0.040	0.010	0.010
Ca	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.009	0.009	0.008	0.006	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
Na	0.061	0.040	0.032	0.070	0.061	0.036	0.050	0.060	0.052	0.073	0.052	0.079	0.083	0.110	0.041	0.085	0.026	0.055
K	1.790	1.779	1.782	1.757	1.754	1.794	1.723	1.749	1.770	1.763	1.809	1.789	1.758	1.772	1.793	1.777	1.828	1.849
Σintercamada	1.892	1.859	1.827	1.847	1.835	1.860	1.792	1.828	1.850	1.862	1.861	1.900	1.852	1.892	1.854	1.902	1.871	1.914
Total de cátions	15.541	15.549	15.527	15.537	15.535	15.545	15.512	15.519	15.543	15.523	15.608	15.641	15.572	15.549	15.552	15.558	15.617	15.595
F	0.129	0.124	0.199	0.126	0.211	0.153	0.033	0.138	0.225	0.219	0.314	0.209	0.487	0.340	0.143	0.217	0.175	0.154
Cl	0.176	0.182	0.151	0.137	0.078	0.133	0.184	0.193	0.213	0.072	0.283	0.310	0.111	0.116	0.134	0.093	0.185	0.158
OH	3.695	3.694	3.650	3.737	3.711	3.714	3.783	3.669	3.582	3.709	3.403	3.481	3.402	3.544	3.723	3.690	3.640	3.688
Soma	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
mg#	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.25	0.27	0.27	0.26	0.26	0.22	0.22	0.24	0.22	0.27	0.26	0.27	0.26

Tabela 16 - Continuação.

Amostra	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN08/B2	CN10/C2	CN10/C2	CN-20	CN-20	CN-20	CN-20
Cristal-Análise	9-20	9-21	10-22	10-23	11-21	11-25	12-26	12-27	13-28	13-29	14-30	14-31
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
SiO ₂	34.46	34.45	34.61	34.52	34.56	34.82	34.99	34.86	34.69	35.07	35.70	35.15
TiO ₂	4.89	4.53	4.30	5.08	4.79	4.77	3.97	3.67	4.55	4.44	4.17	4.13
Al ₂ O ₃	12.43	12.50	12.36	12.73	12.43	12.45	10.64	10.73	12.15	12.40	11.59	11.66
FeO _T	27.69	27.97	28.38	27.97	27.47	27.78	31.43	32.65	28.86	28.29	27.45	28.31
MnO	0.37	0.31	0.39	0.36	0.34	0.27	0.34	0.32	0.38	0.27	0.33	0.32
MgO	5.68	5.72	5.22	5.68	5.82	5.88	3.83	3.64	5.28	5.53	6.40	5.92
CaO	0.10	0.04	0.02	0.03	0.01	0.00	0.32	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
Na ₂ O	0.16	0.15	0.13	0.28	0.16	0.18	0.22	0.13	0.27	0.32	0.17	0.22
K ₂ O	8.81	8.72	8.80	8.52	8.88	8.80	8.51	8.66	8.64	8.67	9.04	8.75
Cl	0.27	0.30	0.37	0.10	0.23	0.15	0.56	0.57	0.29	0.28	0.36	0.37
F	0.70	0.53	0.48	0.56	0.62	0.80	0.95	1.13	0.94	1.15	1.16	1.26
BaO	0.19	0.39	0.18	0.22	0.41	0.35	0.09	0.10	0.25	0.19	0.10	0.07
Total	95.74	95.60	95.25	96.05	95.72	96.05	95.83	96.45	96.29	96.61	96.47	96.17
O=F, Cl	0.35	0.29	0.29	0.26	0.31	0.29	0.52	0.60	0.46	0.55	0.57	0.62
Total	95.39	95.31	94.96	95.79	95.41	95.76	95.31	95.85	95.83	96.06	95.90	95.55
H ₂ O calc.	3.31	3.38	3.36	3.45	3.36	3.41	3.04	2.94	3.18	3.11	3.09	3.01
Total	98.70	98.69	98.32	99.24	98.77	99.17	98.35	98.79	99.01	99.17	99.56	99.18
Fórmula estrutural calculada na base de 24 oxigênios												
Si	5.569	5.577	5.631	5.537	5.581	5.593	5.785	5.771	5.615	5.640	5.737	5.697
Al ^{IV}	2.366	2.384	2.369	2.404	2.363	2.354	2.072	2.091	2.316	2.349	2.193	2.225
Fe ³⁺	0.065	0.039	0.000	0.059	0.056	0.053	0.143	0.138	0.069	0.011	0.070	0.078
Σ _{Tetraédrico}	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.594	0.551	0.526	0.612	0.582	0.576	0.494	0.457	0.554	0.537	0.504	0.504
Fe ²⁺	3.677	3.748	3.861	3.692	3.653	3.678	4.202	4.381	3.838	3.794	3.619	3.760
Mn	0.050	0.043	0.054	0.049	0.047	0.036	0.048	0.044	0.052	0.037	0.045	0.043
Mg	1.368	1.380	1.266	1.357	1.401	1.409	0.943	0.899	1.275	1.326	1.534	1.430
□ ^{VI}	0.311	0.278	0.293	0.290	0.317	0.301	0.313	0.219	0.281	0.306	0.298	0.263
Σ _{Octaédrico}	5.689	5.722	5.707	5.710	5.683	5.699	5.687	5.781	5.719	5.694	5.702	5.737
Ba	0.010	0.020	0.010	0.010	0.030	0.020	0.010	0.010	0.020	0.010	0.010	0.000
Ca	0.017	0.006	0.004	0.005	0.001	0.000	0.057	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003
Na	0.049	0.046	0.040	0.086	0.051	0.055	0.070	0.041	0.083	0.098	0.052	0.070
K	1.816	1.801	1.826	1.744	1.830	1.804	1.794	1.829	1.784	1.779	1.852	1.809
Σ _{intercristalina}	1.892	1.873	1.880	1.845	1.912	1.879	1.931	1.881	1.887	1.887	1.915	1.882
Total de cátions	15.581	15.595	15.587	15.555	15.595	15.578	15.618	15.662	15.606	15.581	15.617	15.619
F	0.280	0.191	0.146	0.257	0.252	0.263	0.340	0.431	0.405	0.506	0.492	0.547
Cl	0.150	0.164	0.206	0.056	0.126	0.082	0.312	0.318	0.157	0.154	0.197	0.202
OH	3.570	3.645	3.648	3.687	3.622	3.655	3.348	3.251	3.438	3.340	3.311	3.251
Soma	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
mg#	0.27	0.27	0.25	0.27	0.27	0.27	0.18	0.17	0.25	0.26	0.29	0.27

Tabela 17 - Composição química de biotitas dos quartzo-álcali feldspato sienitos do Morro de São João, Cananéia, e dos quartzo-álcali feldspato sienitos porfíricos do Morrete, Ilha Comprida. Abreviações como na Tabela 16.

Amostra	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN01/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN04/B2	CN09/A2	CN09/A2
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	4-07	4-08	5-09	5-10	6-11	6-12	7-14	7-15	8-16	8-17	9-18	9-19
Localização	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
SiO ₂	35.49	34.81	35.42	34.84	35.00	35.25	38.70	35.10	34.70	34.56	34.28	34.45	34.33	33.85	33.82	33.53	33.68	34.43
TiO ₂	4.44	4.72	4.16	4.08	4.69	5.14	2.20	4.29	2.12	2.14	1.92	1.84	2.09	1.74	1.56	1.30	3.92	3.97
Al ₂ O ₃	10.88	11.07	10.07	10.43	11.52	11.05	7.70	10.31	10.23	10.07	10.09	10.39	9.99	9.86	10.45	10.96	9.62	9.60
FeO _T	31.97	32.12	33.48	33.92	31.25	32.10	32.38	33.76	35.01	35.08	35.76	35.69	35.93	36.66	36.44	35.60	37.20	36.07
MnO	0.55	0.58	0.44	0.51	0.44	0.44	0.63	0.45	0.71	0.66	0.65	1.03	0.11	0.19	0.49	0.92	0.54	0.53
MgO	3.45	3.31	2.66	2.56	3.42	3.35	2.48	2.60	1.17	1.20	1.20	1.04	0.92	1.01	0.69	0.63	2.00	1.81
CaO	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	3.92	0.00	0.06	0.02	0.04	0.02	0.08	0.11	0.01	0.06	0.03	0.00
Na ₂ O	0.18	0.28	0.06	0.20	0.16	0.25	1.65	0.23	0.07	0.11	0.10	0.05	0.24	0.13	0.08	0.19	0.23	0.32
K ₂ O	8.77	8.69	8.98	8.80	9.05	8.67	5.57	8.70	8.71	8.67	8.75	8.39	8.41	8.20	8.73	8.17	8.30	8.53
Cl	0.15	0.17	0.25	0.22	0.15	0.16	0.23	0.20	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.04	0.06
F	1.38	1.07	0.86	0.97	1.25	1.65	0.78	0.60	0.80	0.76	1.00	0.57	0.55	0.74	0.43	0.73	0.52	0.59
BaO	0.10	0.03	0.06	0.02	0.02	0.03	0.01	0.07	0.09	0.00	0.00	0.07	0.04	0.00	0.11	0.00	0.00	0.07
Total	97.36	96.84	96.48	96.56	96.94	98.09	96.25	96.31	93.66	93.27	93.79	93.54	92.70	92.48	92.80	92.08	96.07	95.98
O=F, Cl	0.62	0.49	0.42	0.46	0.56	0.73	0.38	0.30	0.34	0.32	0.42	0.24	0.24	0.31	0.18	0.31	0.23	0.26
Total	96.74	96.35	96.06	96.10	96.38	97.36	95.87	96.01	93.32	92.95	93.37	93.30	92.46	92.17	92.62	91.77	95.84	95.72
H ₂ O calc.	2.99	3.11	3.16	3.10	3.05	2.88	3.25	3.30	3.11	3.12	2.99	3.21	3.19	3.07	3.23	3.07	3.30	3.27
Total	99.73	99.46	99.22	99.20	99.43	100.24	99.12	99.31	96.43	96.07	96.36	96.51	95.65	95.24	95.85	94.84	99.14	98.99
Fórmula estrutural calculada na base de 24 oxigênios																		
Si	5.782	5.697	5.854	5.776	5.706	5.712	6.307	5.798	5.963	5.964	5.927	5.933	5.962	5.932	5.902	5.886	5.683	5.787
Al ^{IV}	2.087	2.134	1.961	2.037	2.211	2.109	1.477	2.006	2.037	2.036	2.055	2.067	2.038	2.034	2.098	2.114	1.913	1.901
Fe ³⁺	0.131	0.169	0.185	0.187	0.083	0.179	0.216	0.196	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.404	0.312
Σ _{Tetraédrico}	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.011	0.000	0.040	0.005	0.000	0.050	0.151	0.000	0.000
Ti	0.544	0.581	0.518	0.509	0.575	0.626	0.270	0.533	0.274	0.278	0.249	0.238	0.273	0.229	0.205	0.172	0.497	0.501
Fe ²⁺	4.224	4.228	4.442	4.515	4.176	4.171	4.198	4.468	5.032	5.062	5.152	5.139	5.219	5.338	5.318	5.226	4.846	4.757
Mn	0.076	0.080	0.061	0.072	0.061	0.060	0.087	0.064	0.103	0.096	0.095	0.150	0.016	0.028	0.072	0.137	0.077	0.076
Mg	0.838	0.808	0.655	0.634	0.832	0.809	0.602	0.641	0.301	0.308	0.310	0.267	0.239	0.264	0.178	0.164	0.504	0.453
□ ^{VI}	0.318	0.303	0.324	0.270	0.356	0.334	0.843	0.294	0.257	0.245	0.194	0.166	0.248	0.141	0.177	0.150	0.076	0.213
Σ _{Octaédrico}	5.682	5.697	5.676	5.730	5.644	5.666	5.157	5.706	5.743	5.755	5.806	5.834	5.752	5.859	5.823	5.850	5.924	5.787
Ba	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
Ca	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.685	0.000	0.011	0.004	0.007	0.004	0.014	0.020	0.001	0.011	0.005	0.000
Na	0.058	0.088	0.020	0.064	0.051	0.077	0.522	0.074	0.024	0.037	0.033	0.015	0.081	0.045	0.026	0.066	0.074	0.104
K	1.822	1.815	1.893	1.862	1.883	1.793	1.158	1.833	1.910	1.910	1.929	1.842	1.863	1.834	1.942	1.830	1.787	1.830
Σ _{intercamada}	1.890	1.903	1.923	1.926	1.934	1.870	2.365	1.907	1.955	1.951	1.969	1.861	1.958	1.899	1.979	1.907	1.866	1.934
Total de cátions	15.572	15.600	15.599	15.656	15.578	15.536	15.522	15.613	15.698	15.706	15.775	15.695	15.710	15.758	15.802	15.757	15.790	15.721
F	0.670	0.508	0.378	0.448	0.602	0.801	0.336	0.259	0.432	0.414	0.546	0.307	0.299	0.406	0.234	0.402	0.263	0.299
Cl	0.083	0.094	0.141	0.121	0.080	0.089	0.127	0.110	0.002	0.000	0.002	0.004	0.011	0.004	0.001	0.002	0.023	0.031
OH	3.247	3.398	3.481	3.431	3.318	3.110	3.537	3.631	3.566	3.586	3.452	3.689	3.690	3.590	3.765	3.596	3.714	3.670
Soma	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
mg#	0.16	0.16	0.12	0.12	0.16	0.16	0.12	0.12	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	0.09	0.08

Tabela 17 - Continuação.

Amostra	CN09/A2	CN09/A2	CN-07	CN-07	CN-10	CN-10	CN-10
Cristal-Análise	9-20	9-21	1-01	1-02	2-03	2-04	2-05
Localização	c	b	b	c	b	i	c
SiO ₂	34.04	33.92	37.03	36.90	36.24	36.95	37.12
TiO ₂	3.01	3.08	3.29	3.07	2.62	2.10	2.20
Al ₂ O ₃	8.18	8.20	8.78	8.97	10.06	9.86	9.63
FeO ₇	39.93	39.64	30.21	30.37	31.48	29.53	29.94
MnO	0.58	0.63	0.33	0.28	0.49	0.42	0.50
MgO	2.02	2.08	5.20	5.41	5.40	6.31	6.71
CaO	0.21	0.22	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
Na ₂ O	0.30	0.28	0.21	0.18	0.18	0.15	0.12
K ₂ O	7.26	7.52	8.75	8.72	8.69	9.06	9.37
Cl	0.06	0.08	0.13	0.13	0.15	0.11	0.08
F	0.41	0.60	1.87	1.64	1.62	1.81	1.89
BaO	0.00	0.03	0.13	0.00	0.20	0.01	0.05
Total	96.00	96.27	95.93	95.67	97.14	96.30	97.62
O=F, Cl	0.18	0.27	0.82	0.72	0.71	0.78	0.82
Total	95.82	96.00	95.11	94.95	96.43	95.52	96.80
H ₂ O calc.	3.31	3.21	2.73	2.84	2.87	2.79	2.79
Total	99.13	99.21	97.84	97.79	99.30	98.31	99.59
Fórmula estrutural calculada na base de 24 oxigênios							
Si	5.801	5.781	6.094	6.071	5.913	6.026	5.998
Al ^{IV}	1.641	1.646	1.702	1.738	1.934	1.894	1.833
Fe ³⁺	0.558	0.573	0.204	0.191	0.153	0.080	0.169
ΣTetraédrico	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.568	0.573	0.408	0.380	0.322	0.258	0.268
Fe ²⁺	5.132	5.079	3.953	3.987	4.143	3.948	3.876
Mn	0.083	0.090	0.046	0.039	0.068	0.058	0.068
Mg	0.513	0.529	1.276	1.328	1.314	1.535	1.616
□ ^{VI}	0.000	0.000	0.317	0.266	0.153	0.201	0.172
ΣOctaédrico	6.286	6.271	5.683	5.734	5.847	5.799	5.828
Ba	0.000	0.000	0.010	0.000	0.010	0.000	0.000
Ca	0.038	0.039	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
Na	0.099	0.093	0.066	0.057	0.057	0.048	0.036
K	1.579	1.635	1.836	1.830	1.808	1.884	1.932
Σintercamada	1.716	1.767	1.915	1.888	1.878	1.932	1.968
Total de cátions	16.002	16.038	15.598	15.622	15.725	15.731	15.796
F	0.200	0.302	0.936	0.816	0.793	0.901	0.946
Cl	0.036	0.044	0.072	0.072	0.083	0.060	0.044
OH	3.764	3.654	2.992	3.112	3.124	3.039	3.010
Soma	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
mg#	0.08	0.09	0.23	0.24	0.23	0.28	0.29

Tabela 18 - Composição química de olivinas das rochas de Cananéia. Abreviações: c, b, i, respectivamente, centro, borda e região intermediária dos cristais.

Amostra	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2	CN09/A2
Cristal-Análise	1-01	1-02	2-03	2-04	3-05	3-06	3-07	3-08	3-09
Localização	b	c	b	c	b1	b2	b3	i	c
SiO ₂	29.61	29.51	28.97	29.79	29.57	29.44	29.55	29.20	29.19
TiO ₂	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02
FeO	64.05	63.53	63.58	63.74	64.35	64.12	63.96	63.29	64.54
MnO	3.74	3.49	3.88	3.59	3.87	3.78	3.58	3.64	3.58
MgO	0.89	1.09	0.85	1.01	0.70	0.94	0.94	1.10	1.02
CaO	0.30	0.42	0.26	0.44	0.32	0.39	0.40	0.49	0.44
Na ₂ O	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Total	98.62	98.05	97.58	98.61	98.84	98.71	98.46	97.73	98.81
Fórmula estrutural calculada na base de 4 oxigênios									
Si	1.007	1.007	0.999	1.010	1.005	1.001	1.006	1.002	0.994
Al	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	1.821	1.813	1.833	1.807	1.830	1.824	1.821	1.816	1.838
Mn	0.108	0.101	0.113	0.103	0.112	0.109	0.103	0.106	0.103
Mg	0.045	0.056	0.044	0.051	0.035	0.047	0.048	0.056	0.052
Ca	0.011	0.015	0.009	0.016	0.012	0.014	0.015	0.018	0.016
Na	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Cátions	2.993	2.992	3.001	2.988	2.995	2.998	2.995	2.998	3.005
Componentes moleculares									
Fa	0.98	0.97	0.98	0.97	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97
Fo	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03