UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

A GEOLOGIA DO MACIÇO SIENÍTICO DA PEDRA BRANCA,
CALDAS - MG

ANDREAS ANTONIUS MARIA WINTERS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências da Universidade de
São Paulo.

SÃO PAULO
1981

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

A GEOLOGIA DO MACIÇO SIENÍTICO DA PEDRA BRANCA,
CALDAS - MG

ANDREAS ANTONIUS MARIA WINTERS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005920

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências da Universidade de
São Paulo.

Orientador:
Prof. Dr. José Moacyr Vianna Coutinho

SÃO PAULO
1981

Aos meus Pais, Esposa e
Filhos.

Í N D I C E

I. INTRODUÇÃO	1
I.1. Justificativa do tema	1
I.1.1. Histórico	1
I.1.2. Importância	2
I.2. Caracterização da área	3
I.2.1. Localização	3
I.2.2. Vias de acesso	3
I.2.3. Clima	3
I.2.4. Vegetação	5
I.2.5. Economia	5
I.3. Metodologia	5
A. Trabalhos de Campo	6
B. Trabalhos de Laboratório	6
1. Determinações Microscópicas	6
a. Determinação qualitativa	6
b. Determinação quantitativa	7
c. Estudo através da Platina de Federoff	7
2. Determinações Radiométricas	8
C. Trabalhos Finais de Escritório	9
II. GEOLOGIA REGIONAL	10
A. Complexo de Silvianópolis	13
B. Grupo Amparo	13
C. Grupo Pinhal	13
D. Formações Eleutério e Pouso Alegre	18
E. Maciço Alcalino de Poços de Caldas	18
III. GEOMORFOLOGIA	20
III.1. Análise do Relevo	20
III.1.1. Área Serrana	20
III.1.2. Área de "Mares de Morros"	21
III.2. Análise da Rede de Drenagem	22

IV. GEOLOGIA LOCAL	24
IV.1. Migmatitos	24
IV.1.1. Forma e Dimensões	24
IV.1.2. Correspondência Geomorfológica	24
IV.1.3. Relações de Contato	24
IV.1.4. Litologia	24
IV.2. Granitos Porfiróides e Equigranulares	25
IV.2.1. Forma e Dimensões	25
IV.2.2. Correspondência Geomorfológica	26
IV.2.3. Contatos	26
IV.2.4. Litologia	26
IV.2.4.1. Granitos porfiróides	26
IV.2.4.2. Granitos equigranulares	27
IV.3. O Maciço Sienítico da Pedra Branca	27
IV.3.1. Forma e Dimensões	27
IV.3.2. Correspondência Geomorfológica	28
IV.3.3. Contatos Externos do Maciço Sienítico	28
IV.3.3.1. Com o maciço alcalino de Poços de Caldas	28
IV.3.3.2. Com os granitos e migmatitos	29
IV.3.4. Litologia	30
IV.3.5. Geologia Estrutural	31
IV.4. Rochas Sedimentares	32
IV.5. Maciço Alcalino de Poços de Caldas	33
IV.5.1. Forma e Dimensões	33
IV.5.2. Correspondência Geomorfológica	33
IV.5.3. Relações de Contato	33
IV.5.4. Litologia	33
IV.6. Estruturas Geológicas	34
IV.6.1. Disposição dos corpos	34
IV.6.2. Distribuição das direções de foliações ou bandeamentos	35
IV.6.3. Falhas	35
IV.6.4. Fraturamentos	35

V. PETROGRAFIA	37
V.1. Migmatitos	37
V.1.1. Descrição Macroscópica	37
V.1.2. Descrição Microscópica	37
V.2. Granitos Porfiróides	39
V.2.1. Descrição Macroscópica	39
V.2.2. Descrição Microscópica	40
V.3. Granitos Equigranulares	43
V.3.1. Descrição Macroscópica	43
V.3.2. Descrição Microscópica	43
V.4. Maciço Sienítico da Serra da Pedra Branca	46
V.4.1. Descrição Macroscópica	46
V.4.2. Descrição Microscópica	46
V.4.3. Xenólitos que ocorrem no Maciço Sienítico	63
V.4.3.1. Descrição Macroscópica	63
V.4.3.2. Descrição Microscópica	63
V.4.4. Diques pegmatíticos no maciço da Pedra Branca	65
V.4.4.1. Descrição Macroscópica	65
V.4.4.2. Descrição Microscópica	67
V.5. Rochas Sedimentares	68
V.5.1. Descrição Macroscópica	68
V.5.2. Descrição Microscópica	68
V.6. Rochas do Maciço Alcalino de Poços de Caldas	69
V.6.1. Tinguaitos	69
V.6.1.1. Descrição Macroscópica	69
V.6.1.2. Descrição Microscópica	69
V.6.2. Nefelina Sienitos	70
V.6.2.1. Descrição Macroscópica	70
V.6.2.2. Descrição Microscópica	70
V.6.3. Bostonitos	70
V.6.3.1. Descrição Macroscópica	70
V.6.3.2. Descrição Microscópica	71

VI.	GEOCRONOLOGIA	72
	VI.1. Método K-Ar	73
	VI.2. Método Rb/Sr	75
VII.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	80
	VII.1. Evolução Geológica Local	80
	VII.2. Os Sienitos do Maciço da Pedra Branca	81
VIII.	AGRADECIMENTOS	83
IX.	BIBLIOGRAFIA	85

F I G U R A S

Figura 1 - Localização da área estudada.	4
Figura 2 - Esboço geotectônico da parte Sul do Craton de São Francisco (seg. Ebert, 1956).	11
Figura 3 - Mapa geológico do Leste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais (seg. Ebert, 1968).	12
Figura 4 - Mapa geológico simplificado da Região Nordeste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais (seg. Fiori, Wernick e Betten - court, 1978).	14
Figura 5 - Isôcrona de Referência dos Granitos	77
Figura 6 - Isôcrona de Referência dos Sienitos	79

T A B E L A S

Tabela 1 - Composição Modal dos Sienitos Saturados a Insaturados.	49
Tabela 2 - Composição Modal dos Sienitos Saturados a Super Saturados.	50
Tabela 3 - Resultados das Determinações K-Ar.	74
Tabela 4 - Valores de Razão Inicial para Rochas da Área da Pedra Branca.	76

F O T O G R A F I A S

- Fotografia 1 - Serra da Pedra Branca com seu ponto de altitude máxima (1764 m), vista do lado interno do maciço sienítico. 21
- Fotografia 2 - No primeiro plano nota-se a pequena planície aluvionar do Rio Jaguari- Mirim entre Santa Rita de Caldas e Ibitiura de Minas. No segundo plano as rochas graníticas. A fundo destacam-se os sienitos da Serra da Pedra Branca. 22
- Fotografia 3 - Região de contato entre os granitos e sienitos onde se nota a brusca mudança de relevo próximo ao afloramento 115. Os sienitos se encontram à direita na foto (NE). 47
- Fotografia 4 - Aspecto geral do sienito, em matacão partido mostrando estrutura fluidal e pequenos "xenólitos". 47

M I C R O F O T O G R A F I A S

- Microfotografia 1 - Granito porfiróide. Aspecto Geral da "matriz" dos granitos porfiróides mostrando substituição do mineral acessório hornblenda pela biotita. Nicóis X, aumento 25 x. 42
- Microfotografia 2 - Granito porfiróide. Detalhe da "matriz" dos granitos porfiróides mostrando plagioclásio subhedral em contato com microclina e biotita. Nicóis X, aumento 32 x. 42

- Microfotografia 3 - Aspecto geral do granito equigranular evidenciando o amplo predomínio da microclina sobre os plagioclásios. Nicóis X, aumento 10 x. 44
- Microfotografia 4 - Sienito fluidal com cristais alongados e tabulares de ortoclásio, com geminação Carlsbad. As fraturas são perpendiculares ao alongamento dos feldspatos. As partes mais claras dos piroxênios indicam início de sua substituição pela biotita. Nicóis X, aumento 10 x. 52
- Microfotografia 5 - Sienito mostrando estrutura fluidal na qual fica evidente que os planos de geminação dos feldspatos não são retilíneos e as fraturas são perpendiculares a estes planos. Nicóis X, aumento 10 x. 52
- Microfotografia 6 - Cristal de ortoclásio mostrando crescimento de "agulhas" e "pingos" de material não identificável, além de opacos. Dentro do "pingo" há textura de exsolução. Notar plano de geminação não retilíneo e fraturas perpendiculares ao plano de geminação. Nicóis X, aumento 100x. 53
- Microfotografia 7 - Diopsídio e hornblenda mostrando secções basais com linhas de clivagem bem desenvolvidas com o segundo substituindo o primeiro, evidenciando também a disposição ortogonal entre os piroxênios. Nicóis//, aumento 25 x. 54
- Microfotografia 8 - Substituição direta de piroxênio por biotita, que também substitui a hornblenda. Notar secção basal do piroxênio com linhas de clivagem bem desenvolvida. Nicóis//, aumento 25x. 55

- Microfotografia 9 - Substituição do piroxênio por anfibólio. Observar pequeno cristal ovalado de zircão dentro da hornblenda. Nicóis //, aumento 32 x. 56
- Microfotografia 10 - Verdadeiro resto de piroxênio dentro da hornblenda associada à magnetita. Nicóis//, aumento 32 x. 56
- Microfotografia 11 - Restos de piroxênio (no caso aegirina-augita) dentro da hornblenda associada à titanita e opacos. Nicóis//, aumento 25 x. 57
- Microfotografia 12 - Substituição de piroxênio por hornblenda e deste por biotita. Nicóis//, aumento 10 x. 57
- Microfotografia 13 - Contato de corrosão entre piroxênio e anfibólio (cor verde) sendo que ambos mostram início de substituição por biotita. Nicóis X, aumento 32 x. 60
- Microfotografia 14 - Sienito na qual se observa que a biotita acompanha a estrutura fluidal. Nicóis X, aumento 25 x. 60
- Microfotografia 15 - Nefelina (no centro) associada à ortoclásio, apatita e aegirina-augita. Nicóis X, aumento 32 x. 63
- Microfotografia 16 - Afloramento A-171 "Xenólito" do tipo "schlieren" composto de plagioclásio, biotita e espinélio (grãos pequenos, extintos). Nicóis X, aumento 25 x. 64
- Microfotografia 17 - "Xenólito" composto quase que exclu

sivamente por aegirina-augita. Nicóis
X, aumento 25 x.

66

Microfotografia 18 - Detalhe da microfotografia 14, mos-
trando textura adcumulática dos piro
xênios. Nicóis X, aumento 32 x.

66

ANEXOS

Mapa Geológico da Área entre Caldas e Andradas-MG.

Mapa de Pontos da Área entre Caldas e Andradas-MG.

I - INTRODUÇÃO

I.1 - Justificativa do Tema

I.1.1 - Histórico

As informações mais recentes referentes aos contatos do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, devem-se aos trabalhos de Ellert (1959), Ellert, Björnberg e Coutinho (1959) e Coutinho (1959).

Nestes trabalhos estão brevemente mencionadas duas áreas de metamorfismo de contato, caracterizadas por forte dessilicificação e adição de álcalis (Na e K), conhecido sob o nome de "fenitização" (Brogger, 1921 e Eckermann, 1948). Destas áreas, uma está situada a Oeste-Noroeste, na região de Cascata - São Roque da Fartura e a outra a Sudeste, na região compreendida entre as cidades de Caldas e Andradas.

Em 1973, sob a orientação do Prof.Dr.Heinz Ebert, iniciamos o estudo deste interessante assunto, com o auxílio do CNPq, sob a forma de uma Bolsa de Iniciação Científica (proc. 386/73), concedida em março de 1973 até abril de 1975.

Neste período fez-se o trabalho geológico chegando-se, com os dados de campo e microscópicos, às seguintes conclusões: na área de Cascata-São Roque da Fartura as relações de campo evidenciaram realmente uma faixa fenitizada, porém bastante irregular quanto à sua distribuição regional, portanto, discordante das limitações originárias de Ellert et al. (1959), com seus contatos entre gnaisses e fenitos, perpendiculares ao contato do maciço alcalino e do contato proposto por H.Ebert (comunicação verbal) com forma lenticular contínua. Na área entre Caldas e Andradas este estudo foi levado mais a diante com a apresentação do mapa geológico preliminar (Winters, 1975). Nesta área, até então, já se tinha provado que se tratavam de sienitos pré-Cambrianos e não de fenitos. Os feldspatos alcalinos são de origem primária, não havendo a substituição do plagioclásio e quartzo por feldspato potássico, de biotita por hornblenda e da hornblen

da por aegirina, substituições estas que se dariam quando da intrusão do maciço alcalino. Para esta negativa serviram de base as relações de campo e microscopia das lâminas petrográficas de amostras coletadas na região.

De 1975 em diante, esses estudos foram completados, novamente, com o auxílio do CNPq, sob a forma de Bolsa de Pós-Graduação (proc. 14.687/74), no período de março a abril de 1975-1976, com métodos que serão descritos em ítem específico, complementando assim a Dissertação de Mestrado que ora apresentamos.

I.1.2 - Importância

Achou-se interessante o estudo das rochas sieníticas, especificamente, pela falta de estudos mais detalhados no Brasil, visando esclarecer os fenômenos associados a estas rochas. Fator de importância na descrição dos sienitos é que pouca coisa existe na literatura nacional, em relação a rochas sieníticas pré-Cambrianas, sendo que os únicos até agora petrograficamente descritos são os de Piqueri (Picada, 1966) e o de São Gonçalo (Vandoros e Coutinho, 1966). Alguns outros são apenas mencionados (Pedreira, 1978, Itaúba, BA) ou descritos em publicações ou relatórios inacessíveis. Seria interessante na explicação da gênese dos sienitos ressaltar que, embora até agora considerados fenitos (produtos de metassomatose quando da intrusão das alcalinas de Poços de Caldas) neste trabalho se provará tratar-se de sienitos pré-Cambrianos, não relacionados às alcalinas. Outros corpos do mesmo tipo de sienito já foram observados na mesma região. Uma das ocorrências localiza-se a Nordeste do Maciço de Poços de Caldas, não ocorrendo nesta região o contato direto entre os dois tipos de rochas (Wernick 1977). A outra localiza-se nos arredores de Pinhal - SP (Ebert e Brochini, 1968; Wernick 1978b).

Observe-se a esta altura, que, Guimarães (1947) teria sido o primeiro autor a identificar as rochas sieníticas objeto deste trabalho. Faz ele uma listagem mineralógica sumária de duas amostras que denominou shonkinito, uma proveniente de aflo-

ramento junto ao hotel de Pocinhos do Rio Verde e outra do retiro de José Antonio Caetano, ao norte de Andradas. Dentro do contexto do trabalho "Origem das rochas alcalinas", Guimarães aparentemente interrelaciona geneticamente os sienitos de Pedra Branca com as alcalinas do Planalto de Poços de Caldas.

I.2 - Caracterização da Área

I.2.1 - Localização

A área mapeada, com um total de cerca 440 km², localiza-se no extremo Sul do Estado de Minas Gerais e é limitada aproximadamente pelos paralelos 23°55' e 22°05' Sul e pelos meridianos 46°35' e 46°20' (Figura 1). Compreende parte das Folhas de Caldas SF-23-V-D-IV-3, Pinhal SF-23-Y-A-III-2 e Santa Rita de Caldas SF-23-Y-B-I-1 editadas pelo IBGE na escala de 1:50.000.

Situam-se na área, as cidades de Andradas, Ibitiura de Minas, Santa Rita de Caldas e Caldas. As principais cidades localizadas nas imediações são: Pouso Alegre a Sudeste, Ouro Fino a Sul e Poços de Caldas a Noroeste.

I.2.2 - Vias de Acesso

O acesso à região é relativamente fácil, podendo ser feito através da rodovia MG-62 que liga as cidades de Poços de Caldas e Pouso Alegre. Contudo, especificamente na área mapeada, as condições de acesso são bastante difíceis, sendo os únicos trechos com tráfego permanente; a rodovia acima mencionada e a estrada não pavimentada que liga Santa Rita de Caldas a Andradas. Ainda, devido às condições topográficas adversas, o tráfego é periódico nas demais estradas sendo que muitas vezes encontram-se intransitáveis e em total estado de abandono.

I.2.3 - Clima

O clima da região é caracterizado pela existência

Figura - I

- 4 -

de uma estação seca de inverno, com duração média de 1 a 2 meses. A temperatura é bastante variável em função das elevadas altitudes da área: a média do mês mais frio situa-se entre 15 a 20° C, nas cidades e ficando abaixo de 15° C na zona serrana. Na classificação de Koeppen é um clima tipo Cwb, e na classificação do IBGE, um clima Tropical sub-seco e sub-quente com algumas zonas de Tropical brando e sub-seco (Soares, 1976).

I.2.4 - Vegetação

O conjunto vegetal da área é formada por campos rústicos constituídos por Gramíneas (predominando a chamada "barba de bode", Aristida pallens), cobrindo as encostas e seus topos arredondados.

A vegetação arbórea e arbustiva apresenta-se disseminada em pequenas manchas de arvoredo nas cabeceiras dos elementos de drenagem ou estendendo-se em faixas de largura variável e descontínuas ao longo dos cursos (matas ciliares). Esta vegetação pode ser englobada à mata latifoliada-tropical (Christofolletti, 1970).

Os pinheiros (Araucária augustifolia) são encontrados em capões ou isolados nas matas, nas partes inferiores das vertentes e várzeas, sempre fugindo das partes mais altas, dominada pelos campos.

I.2.5. Economia

As atividades econômicas principais, que utilizam a mão de obra local, resumem-se à pecuária, ao plantio da uva, da batata e do aproveitamento, em termos de economia de subsistência, das pequenas planícies aluviais onde haja concentrações humanas.

I.3 - Metodologia

As atividades básicas empregadas com as quais ob

tivemos os resultados da presente Dissertação foram:

A - Trabalhos de Campo

O mapeamento foi feito, após uma fotointerpretação preliminar, na escala de 1:50.000, no período de 1974-1976, na qual as bases utilizadas, foram as folhas topográficas de Caldas, Santa Rita de Caldas e Pinhal, editadas pelo Departamento de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, na mesma escala do mapa geológico.

Para a confecção do mapa geológico foram feitos caminhamentos pelas estradas, caminhos e trilhas que recortam a área com o objetivo de se alcançar afloramentos, contatos, feições estruturais e a partir dos mesmos obter-se informações mineralógicas, petrográficas e estruturais.

Durante a execução do trabalho de campo, realizou-se a coleta de amostra julgadas necessárias e representativas, tanto para uniformização da nomenclatura, quanto para posterior descrição, análise microscópica e geocronológica. Nesta campanha foram descritos e inventariados cerca de 270 afloramentos com coleta de aproximadamente 350 amostras, nas quais foram determinadas macroscopicamente as estruturas e texturas apresentadas pelas rochas, tanto em termos de afloramento como em amostras de mão. Nesta etapa os minerais principais foram identificados macroscopicamente o que possibilitou a nomenclatura preliminar das rochas.

B - Trabalhos de Laboratório

Os trabalhos de laboratório foram executados nas seguintes etapas:

1 - Determinações Microscópicas

Foram confeccionadas, a partir das rochas coletadas no campo, 183 secções delgadas para estudos microscópicos vi

sando a caracterização dos diversos tipos litológicos.

Estes estudos constaram de três estágios:

a - Determinação qualitativa

O estudo qualitativo foi feito através de microscópio de polarização da Leitz-SN-LUX. Neste instrumento procurou-se identificar os diferentes minerais constituintes da rocha através das seguintes propriedades: clivagem, fratura, relevo, índice de refração em relação ao Bálsamo de Canadá, ângulo de extinção, birrefringência, caráter ótico e sinal ótico. Esta identificação é acompanhada do estudo da textura e estrutura da rocha como decorrência das relações de fábrica entre os cristais. Após a determinação das propriedades, dá-se o nome definitivo à rocha.

b - Determinação quantitativa

A determinação quantitativa ("Modus"), visou a composição modal das rochas. O método "Point Counter" utilizado, consiste na contagem dos minerais constituintes da rocha através de uma malha pré estabelecida de acordo com a sua granulação, no caso predominantemente de 0,5 x 0,5 mm, graduada no "Chariot" adaptável à platina do microscópio de polarização. Feita a contagem geral dos minerais na secção delgada, calculou-se a porcentagem equivalente a cada mineral.

Este estudo foi feito somente em rochas sieníticas, sem vestígios de decomposição e com certeza "in situ", num total de 39 amostras.

c - Estudos através da Platina de Federoff

Estes estudos foram executados em cristais de feldspatos potássicos, com o objetivo de se determinar não só a triclinicidade como também as leis de geminação dos mesmos. Este método consiste na determinação da posição dos vetores principais das indicatrizes óticas de cada indivíduo, em relação à mor

fologia do cristal.

As medidas são feitas em coordenadas polares (A_1 = azimute; A_2 = inclinação; A_4 = rotação), transferidas posteriormente para uma projeção estereográfica em papel transparente, em orientação bem definida, seja cristalográfica ou opticamente.

Através da rotação A_1 , coloca-se o cristal em extinção a seguir inclina-se A_2 até se poder fixar, pela extinção total, um dos planos da indicatriz do cristal.

Caso este plano seja o que contém os eixos ópticos, gira-se o cristal para a posição diagonal e determina-se seu caráter ótico com a ajuda, geralmente, da placa de gibsita. Por rotação de A_4 , determina-se a posição de um ou ambos eixos óticos. Isto é feito em todos os indivíduos parciais de uma macla ou de um grupo de maclas, se a largura das lamelas o permitem. Também todos os elementos morfológicos (planos de clivagem ou geminação) são medidos em relação às coordenadas.

2 - Determinações Radiométricas

As análises radiométricas foram realizadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo. As determinações foram efetuadas pelos métodos K-Ar em minerais separados e Rb-Sr em rocha total.

A descrição das técnicas utilizadas no método K-Ar, são encontradas em Amaral et al. (1966). As análises de Ar foram obtidas por diluição isotópica em espectrômetro de massa tipo Reynolds, adicionando-se aliquotas de Ar^{38} puro, retiradas de um reservatório. O teor de potássio foi analisado através de fotometria de chama, com padrão interno de lítio. As constantes empregadas nos cálculos foram:

$$\lambda_{tot} = 0,530 \times 10^{-9} \text{ ano}^{-1}$$

$$\lambda_e = 0,585 \times 10^{-9} \text{ ano}^{-1}$$

$$\% \text{ atom. de } K^{40} \text{ em } K^{total} = 0,0119$$

Nas determinações Rb-Sr foram aplicadas as técnicas utilizadas por Torquato (1974). As análises quantitativas de Rb^{tot} e Sr^{tot} , foram obtidas por fluorescência de raios X. As composições isotópicas foram obtidas em espectrômetro de massa da marca Varian - Mat, tipo TH 5. As constantes empregadas nos cálculos foram:

$$\lambda_{Rb}^{87} = 1,47 \times 10^{-11} \text{ anos}^{-1}$$

$$Rb^{85}/Rb^{87} = 2,59$$

$$Sr^{86}/Sr^{88} = 0,1194$$

C - Trabalhos Finais de Escritório

Terminadas as etapas acima descritas e a interpretação de todos os dados, procedeu-se a fotointerpretação final de acordo com a sistemática apresentada por Soares e Fiori (1976) que permitiu traçar as principais feições estruturais e tectônicas, execução dos desenhos, organização das tabelas, gráficos e fotografias, bem como a redação do presente trabalho.

II - GEOLOGIA REGIONAL

A caracterização geológica regional da área teve início com os trabalhos pioneiros realizados por Ebert, a partir da década de 50, nas quais identificou unidades geotectônicas no minadas Paraibides e Araxaides. Estas unidades geológicas tem di reções preferenciais NE-SW e NW-SE respectivamente e bifurcam-se aproximadamente a Nordeste do Estado de São Paulo e Sudoeste do Estado de Minas Gerais nas regiões de Poços de Caldas, Ouro Fino, Pouso Alegre, Amparo, etc.. Ambos os ramos da bifurcação exibiriam zoneamento com a ocorrência de 3 faixas distintas: uma central, que corresponderia aos internídeos, representadas estra tigráficamente pelos Grupos Paraíba e Juiz de Fora; uma faixa intermediária que corresponderia aos externídeos compreendendo es tratigráficamente os Grupos Andrelândia (Paraibides, MG), Itapira (Paraibides, SP) e Varginha (Araxaides, MG) além dos Micaxistos Paraibuna, na Serra do Mar; e uma faixa externa, caracteriza da por dobramentos e falhamentos suaves incluindo o Grupo São João Del Rei. Delimitada pelos dois ramos ocorre uma área triangular, designado de Maciço de Guaxupé (Almeida et al, 1976). As figs. 2 e 3 esboçam as unidades geotectônicas mencionadas.

No decorrer de seus trabalhos, Ebert realizou su cessivas adaptações no modelo inicial, como consequência das va riações da área de ocorrência e da extensão das diversas unida des estratigráficas continuamente criadas, redefinidas ou abando nadas, de acordo com o desenvolvimento dos mapeamentos e disponi bilidade de novos dados.

Coube ainda a Ebert (1968, 1971, 1974) correla cionar as unidades criadas e estudadas em Minas Gerais com as posteriormente caracterizadas no Estado de São Paulo. Assim cor relacionou tentativamente o Grupo Barbacena com o Grupo Amparo, os Grupos São João Del Rei e Andrelândia com o grupo Itapira e interpretou a Formação Eleutério como sendo correlata ao Grupo Itajai. A fig.3 exhibe a distribuição dos grupos criados na área bem como suas relações gerais.

Nos últimos anos tem surgido um grande número de

Figura - 2

Esboço geotectônico da parte Sul do Graton de
São Francisco (seg. Ebert, 1956)

Des. Carlos Alberto de Oliveira

Figura - 3

Mapa geológico do Leste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais (seg. Ebert, 1968)

Des. Carlos Alberto de Oliveira

dados geológicos, petrográficos, estruturais e geocronológicos referentes à área cristalina do Nordeste do Estado de São Paulo e Sul do Estado de Minas Gerais, através de trabalhos de diversos autores, principalmente por parte de Fiori (1979), Wernick et al. (1979), Artur et al. (1979), Wernick e Fiori (1979), e Fiori et al. (1980). Destes trabalhos resulta o reconhecimento das seguintes unidades estratigráficas representadas, esquematicamente, na figura 4.

A - Complexo de Silvianópolis

O Complexo de Silvianópolis (Fiori, 1979), corresponde a uma ampla área constituída essencialmente por anatexitos de tipo embrechítico, predominantemente cinzentos, de composição variável entre tonalítica e granodiorítica a granítica. As rochas apresentam foliação proeminente quer pela disposição paralela de minerais estirados, quer pela alternância entre leitos quartzo-feldspáticos e leitos descontínuos enriquecidos em biotita e hornblenda. Localmente associam-se gnaisses porfiroblásticos e anatexitos irregulares do tipo flebítico ou schlierem. Fiori (1979) demonstrou que os embrechitos são produtos de intensa transposição dos anatexitos flebíticos e "schlieren", sendo reconhecíveis naqueles ainda, localmente, dobras intrafoliares disruptas e com ápices espessados. A textura dos migmatitos é predominantemente granoblástica e a dos embrechitos granoblástica-cataclástica. Entretanto, em parte do Complexo, os embrechitos mostram-se, em maior ou menor grau, recristalizados e mesmo remobilizados, indicando terem sido submetidos a fenômenos térmicos pós-deformacionais que chegaram a desencadear fenômenos anatécnicos. Ao Complexo de Silvianópolis foi atribuída idade arqueana. Rochas semelhantes ocorrem como núcleos ou intercalações tectônicas no Grupo Amparo e no Maciço Pinhal (Wernick, 1967, 1978a, b; Ebert, 1968; Choudhuri et al., 1978; Artur et al., 1979; Wernick e Penalva, 1980).

B - Grupo Amparo

O Grupo Amparo, de idade Transamazônica, é de acordo com Wernick (1967) e Ebert (1968) uma unidade metassedimentar.

Figura - 4

-14-

Mapa geológico simplificado da Região Nordeste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais (seg. Fiori, Wernick e Bettencourt, 1978.)

Des. Carlos Alberto de Oliveira

mentar composta por biotita e/ou hornblenda gnaisses fitados e bandeados, de diversas naturezas, frequentemente anatexíticos com intercalações de anfibolitos, meta-ultrabasitas, gnditos, mármore dolomíticos, granulitos e rochas calcossilicatadas. (Fig.4) O referido Grupo ocorre no Bloco Jundiá, situado ao Norte dos falhamentos de Jundiuvira e Itu, assim como no Maciço Pinhal, localizado ao Norte do falhamento de Jacutinga (Penalva e Wernick, 1973a). Para Leste, sua área de exposição sofre um estreitamento local passando a constituir, entre Socorro e Ouro Fino, uma faixa situada entre os complexos granítico-migmatíticos de Socorro e Pinhal, em relação aos quais exhibe contatos eminentemente tectônicos, dados pelos falhamentos transcorrentes de Jacutinga e Inconfidentes.

Fiori (1979) redefiniu o Grupo Amparo, retirando de sua litologia as rochas granulíticas, embrechíticas, gnaisses graníticos, certos gnaisses porfiroblásticos e alguns tipos de anatexitos, referindo-as ao embasamento desta unidade do Proterozoico Inferior.

O padrão estrutural apresentado pelas rochas do Grupo Amparo é complexo, com evidências de redobramento e transposição. O metamorfismo é da fácies anfibolito, chegando a provocar fenômenos de anatexia com a formação de metatexitos diversos e localmente diatexitos. Em muitos casos, especialmente no Complexo de Silvianópolis, dada a íntima associação entre rochas do Grupo Amparo e as do seu embasamento, torna-se extremamente difícil a distinção entre os anatexitos formados a partir dos metassedimentos do Grupo Amparo e os resultantes da remobilização do seu substrato arqueano.

As rochas do Grupo Amparo ainda exibem sinais de polimetamorfismo, caracterizado pelo desenvolvimento de saussuritização dos plagioclásios, formação de clorita a partir de granadas e biotita, desenvolvimento de biotita em anfibólios, etc., indicando a superposição de condições metamórficas mais brandas sobre paragêneses geradas sob condições mais intensas. Descrições mais pormenorizadas da litologia do Grupo Amparo são devidas a Franco e Coutinho (1957), Gomes et al. (1966), Wernick (1967, 1972a,b, 1977), Pires et al. (1970), Oliveira e Alves (1974,1976),

Oliveira (1973), Oliveira e Hyppolito (1973), Wernick e Artur (1974), Wernick et al. (1976a), Soares (1976), Choudhuri et al. (1977), Choudhuri e Fiori (1978) e Fiori (1979).

O Grupo Itapira, interpretado por Ebert (1971) como de idade Brasileira, seria representado por micaxistos, quartzitos, meta-arcôsis e metagrauvacas, geralmente de grau de metamorfismo mais baixo, granulação mais fina e com infiltrações pegmatíticas restritas, não pode ser distinguido, de acordo com Wernick e Penalva (1973) e Artur (1980), do Grupo Amparo. Estes autores também não reconheceram o complicado padrão estrutural postulado por Ebert, representado por uma sucessão de sinclinais e anticlinais especiais, os primeiros ocupados pelo Grupo Itapira e os segundos pelo Grupo Amparo. Consideram, em consequência, ambas as unidades equivalentes, variando apenas no aspecto faciológico da sedimentação. Igualmente, os trabalhos desenvolvidos na região de Santa Rita de Caldas e Ipuina, no âmbito do convênio DNPM/FFCL de Rio Claro (Soares, 1976; coordenador), não permitiram constatar que as rochas referíveis por Ebert ao Grupo Itapira ou Andrelândia pertencessem a um ciclo orogênico mais novo que o gerador do Grupo Amparo.

C - Grupo Pinhal

Trata-se de uma unidade granito-migmatítica, resultante da injeção granítica em rochas do Grupo Amparo, constituindo dois complexos: o de Pinhal e o de Socorro (Fig.4). O complexo Pinhal situa-se ao Norte da Falha Transcorrente de Jacutinga-Ipuina (Ebert, 1968; Wernick e Penalva, 1973; Penalva e Wernick, 1973b; Soares, 1976; Rodrigues, 1976). Este complexo acha-se encoberto a Oeste pelos sedimentos da Bacia do Paraná e para Leste o seu limite se estende às proximidades de São João da Mata (MG). A Norte estende-se além das cidades de Botelhos e São José do Rio Pardo.

O Complexo de Socorro situa-se ao Sul da Falha Transcorrente de Inconfidentes (Soares, 1976; Wernick, 1977) desde as proximidades da cidade de Socorro (SP), até a Oeste da localidade de Brasópolis (MG). Para o Sul estende-se além da ci

dade de Bragança Paulista, até as proximidades de Sapucaí Mirim e Campos de Jordão.

A estes complexos é atribuída idade Brasileira (Cordani e Bettencourt, 1967; Ebert e Brochini, 1968; Oliveira, 1973; Wernick et al., 1976c).

As rochas granitóides dos dois complexos são de natureza variável, incluindo termos equigranulares, finos a grossos. As estruturas que predominam nestas rochas são porfiróides, isotrópicas ou gnáissicas. A composição mineralógica varia entre termos graníticos a quartzo-dioríticos, incluindo alguns sienitos. Nas rochas equigranulares são comuns rochas com grandes cristais arredondados de quartzo indicando origem sub-plutônica. Nos termos porfiróides os megacristais normalmente são de microclina com coloração rosada, podendo alcançar vários centímetros no seu comprimento, ostentando formatos retangulares, ovalados e irregulares. Estes megacristais estão inseridos numa massa hipautomórfica granular média a grossa, leucocrática a mesocrática, de composição granítica a quartzo-diorítica. A composição média global predominante das rochas é adamelítica. As intrusões são controladas por falhas e estruturas dobradas. Aos termos plutônicos e subplutônicos associam-se diques de granito pórfiro, pegmatito e quartzo, cujo alojamento é controlado por fraturas e falhas. As descrições das rochas graníticas da região são devidas a Wernick (1972b,c), Wernick et al. (1976c) e Wernick e Penalva (1980).

Os migmatitos são, na sua maioria, de cor rosa e com estruturas, segundo a classificação de Mehnert (1968), acamadada, agmatítica, "schollen", "schlieren", nebulítica, homofâmica, dobrada e oftalmítica. A migmatização é acompanhada de processos metassomáticos mais ou menos intensos que afetam não só os diferentes tipos de migmatitos mas também as intercalações de rochas do Grupo Amparo, isentas de injeções de material granítico.

Além dos trabalhos acima mencionados, descrições de algumas feições petrográficas e mineralógicas do Grupo Pinhal são devidas a Wernick (1972a), Wernick e Fernandes (1972), Oliveira (1973), Oliveira e Alves (1974), Wernick e Penalva (1974a, 1978) e Gomes (1976), bem como à elaboração de uma síntese, por

Wernick e Penalva (1980).

D - Formações Eleutério e Pouso Alegre

As Formações Eleutério (Ebert, 1974) e Pouso Alegre (Leonardos Jr. et al. 1971) são seqüências sedimentares de natureza anquimetamórfica, constituídas essencialmente por arenitos arcóseos e arcóseos, localmente conglomeráticos e silicificados. Associam-se meta-argilitos e meta-margas com clivagem ardosiana, brechas e conglomerados.

A Formação Eleutério ocorre sob a forma de uma estreita faixa com direção NE-ENE/SW - WSW, medindo cerca de 11 x 1 km, iniciando-se nas imediações de Eleutério e terminando nas proximidades de Jacutinga. Seus limites, na porção ocidental, são predominantemente tectônicos, colocando-o em contato com o Bloco Pinhal, através da falha de Jacutinga e, ao Sul, em contato com as rochas do Grupo Amparo. A Formação Pouso Alegre a Noroeste da cidade homônima, com espessura aproximada de 500 m, acha-se embutida no Grupo Amparo através de contatos tectônicos. Em alguns lugares é observada nítida discordância angular em relação ao embasamento cristalino circundante.

Wernick e Penalva (1974b) sugeriram a correlação entre elas e mostram sua ocorrência nas proximidades da falha de Jacutinga (Penalva e Wernick, 1973b). Ebert (1971, 1974) sugeriu que a Formação Eleutério seria equivalente ao Grupo Itajaí e outros depósitos molassóides ligados ao Ciclo Brasileiro. A idade Brasileira é confirmada por dados geocronológicos da Formação Pouso Alegre (Hama e Cunha, 1977).

E - Maciço Alcalino de Poços de Caldas

No Cretáceo Superior em diversos pontos do país houve magmatismo alcalino das quais, na região se destaca o Maciço Alcalino de Poços de Caldas. Este maciço possui forma ovalada sendo constituído por termos plutônicos, hipoabissais, efusivos e piroclásticos. As rochas predominantes são respectivamente foidaitos, tiguaitos e fonólitos. Nas imediações do maciço (e.g. arredores)

dores de Águas da Prata, Pocinhos do Rio Verde e nas encostas do Serrote do Maranhão ao Norte de Caldas) e no seu interior (e. g. na Cachoeira Vêu de Noiva) ocorrem intercalações de sedimentos referíveis ou Grupo Tubarão. O mapeamento e a descrição petrográfica deste complexo, são devidas a trabalhos de Ellert (1959), Ellert et al. (1959) e Ulbrich et al (1977) e trabalhos desenvolvidos pela CNEN e Nuclebrás (p.ex. in Garcia de Oliveira 1974).

III. GEOMORFOLOGIA

A caracterização geomorfológica da área será descrita de forma sucinta destacando dois tópicos: análise do relevo e análise da drenagem.

III.1 - Análise do Relevo

Analisando-se a topografia dos mapas topográficos base utilizados no mapeamento, pode-se dividir a área, considerando como variável apenas a altitude. Esta variável permite distinguir duas áreas com comportamento diferencial em termos relacionados com a resistência à erosão: área serrana e área de "mares de morros".

III.1.1 - Área Serrana

É a área sustentada pelas rochas sieníticas da Serra da Pedra Branca com cristais de feldspato potássico orientados por estrutura fluvial e baixo teor em minerais máficos, que a torna altamente resistente à erosão. Esta área é extremamente rica em exposições de rochas frescas, queda de blocos e matacões. Os solos são relativamente rasos e ricos em fragmentos de feldspato potássico. A Serra da Pedra Branca apresenta a altitude máxima da área (1764 m). (Fotografia 1).

A Serra da Pedra Branca compõem-se na sua maior parte, de uma serra alongada, onde os topos são bastante agudos, desniveis variando de 280 a 600 m, com várias direções preferenciais, correspondendo a região externa do maciço sienítico próximo ao contato com as rochas graníticas encaixantes. Esta serra próximo a Caldas tem direção WNW, rumo a Sul passa gradualmente para NNE, NS e por fim NNW a aproximadamente na região entre Ibitiura de Minas e Santa Rita de Caldas. A Noroeste de Ibitiura de Minas, esta serra perde altitude, recebendo outro nome (Serra da Forquilha), sustentada por rochas graníticas. Na continuação Oeste das rochas graníticas, novamente ocorrem regiões bastante acidentadas, com morros agudos, sendo constituídos pela Serra do Roncador (1453 m) sustentado pelo pequeno corpo isolado de ro-

Fotografia 1 - Serra da Pedra Branca com seu ponto de altitude máxima (1764 m), vista do lado interno do maciço sienítico.

chas sieníticas e pela Serra do Caracol (1526 m) esculpida no espigão anelar de rochas alcalinas que circunda o Maciço Alcalino de Poços de Caldas.

III.1.2 - Área de "Mares de Morros"

O termo "Mares de Morros" é empregado para relevos constituídos por morros arredondados, de mesma elevação, com encostas convexas e solos espessos (Pierre Deffontontaines, in Guerra - Dicionário Geomorfológico, 1969). Esta é a característica principal do restante da área mapeada, constituída por diversas litologias de composição granítica, e estruturas e texturas homogêneas, facilmente erodíveis. Os desníveis são em torno 100 m, os solos são predominantemente coluviais, espessos sendo os afloramentos rochosos, raros. Este fenômeno ocorre inclusive na região de contato entre a borda do maciço alcalino com a parte central do maciço sienítico, onde a estrutura fluidal é pouco pronunciada.

O maior desnível (± 270 m) é verificado nos granitos porfiróides associadas a granitos equigranulares (Serra do Rio Claro) na porção Noroeste de Santa Rita de Caldas. Na bacia do Rio Jaguari-Mirim a erosão deixou os vales com encostas íngremes e o relevo mais rebaixado, com altitude média em torno de 950 m, revelando o grande desnível da área (Serra da Pedra Branca, 1764 m). (Fotografia 2)

Fotografia 2 - No primeiro plano nota-se a pequena planície aluvionar do Rio Jaguari-Mirim entre Santa Rita de Caldas e Ibitiura de Minas. No segundo plano as rochas graníticas. Ao fundo destacam-se os sienitos da Serra da Pedra Branca.

III.2 - Análise da Rede de Drenagem

A área situa-se, de um modo geral, na margem Noroeste do Maciço Atlântico, ou "Província do Planalto Atlântico" (Almeida, 1964), incluindo parte do Planalto de Poços de Caldas. A parte mapeada é drenada pelas cabeceiras do Rio Jaguari-Mirim (Bacia do Rio Mogi-Guaçu) a Sudoeste, dos rios Verde e Claro (Bacia do Rio Pardo), de Sul a Norte e Sudeste da área. Toda rede de drenagem pertence à grande Bacia do Rio Grande. O grande divi

sor de águas na região mapeada é a Serra da Pedra Branca.

O controle estrutural da drenagem na área, mostra uma ordem hierárquica bem definida: 1º) contatos entre diferentes tipos litológicos e pequenas falhas; 2º) foliações e juntas. Na primeira ordem, na área, estão os diversos rios controlados pelos contatos litológicos, no caso, Rio Verde e Ribeirão dos Bugres que são os mais extensos, enquanto os de pequenos falhamentos Nordeste são drenados pelos rios Jaguari-Mirim e Rio Claro. As de segunda ordem são drenagens controladas principalmente por juntas, de pequena extensão, cujas direções dominantes são Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste.

De um modo geral ao analisar-se os cursos d'água da região, ou seja, os afluentes do Jaguari-Mirim, Rio Verde e Claro, observa-se que toda área apresenta uma densidade de drenagem uniforme não servindo essa característica para definição dos diferentes tipos litológicos.

Nas regiões mais acidentadas, os vales são em forma de V, indicando rocha dura, vales profundos, sem aluviões, retilíneos ou curvos, correm quase na sua totalidade sobre rocha com saltos e corredeiras. Na região de "mares de morros" os vales são predominantemente de fundo chato, com pequenos aluviões, ladeados por colinas do tipo convexo e indicativo de solo espesso.

IV - GEOLOGIA LOCAL

IV.1 - Migmatitos

IV.1.1 - Forma e Dimensões

Os migmatitos circundam a parte externa do anel dos granitos equigranulares e porfiróides, sem forma e dimensões definidas já que sua ocorrência se estende para fora da área mapeada.

IV.1.2 - Correspondência Geomorfológica

Corresponde à área de "mares de morros". Trata-se da região que apresenta a topografia mais suave da área mapeada.

IV.1.3 - Relações de Contato

Acredita-se que as relações de contato com os granitos porfiróides seja de transição, pois à medida que se afasta do anel externo destes granitos a frequência relativa de material paleossomático é cada vez maior.

Como os granitos equigranulares e as rochas do Maciço Alcalino de Poços de Caldas o contato é intrusivo.

IV.1.4 - Litologia

Os migmatitos são rochas híbridas, resultantes da injeção de material granítico em rochas pré-existentes. Nas rochas migmatíticas a parte nova, ou seja, a parte granítica é chamada de neossoma e a parte pré-existente de paleossoma. O ma

material pré-existente é constituído por raros fragmentos de metassedimentos e principalmente por rochas anfibolíticas. A associação destas partes nos dão os mais diversos tipos de estruturas, sendo as mais comuns na área mapeada, as do tipo nebulítico, "schlieren", "schollen" e oftalmítico. Estas rochas são interpretadas como pertencentes ao maciço de Pinhal e acredita-se que a parte paleossomática faça parte do Grupo Amparo (Wernick, 1978) ou do Complexo Silvianópolis (Fiori, 1979).

A composição da parte neossomática é adamelítica, na qual os minerais mais frequentes são microclina, oligoclásio (em proporções mais ou menos iguais), quartzo e biotita. Acessoriamente pode ocorrer: opacos, titanita, apatita e zircão.

A composição do paleossoma geralmente é anfibolítica e consta essencialmente de andesina, hornblenda, e biotita. Como acessórios encontram-se quartzo, opacos, titanita, epidoto, apatita e zircão.

IV.2 - Granitos Porfiróides e Equigranulares

Estas rochas serão descritas conjuntamente pois, na região Sul da área mapeada, em várias localidades situadas entre Andradas, Ibitiura de Minas e Santa Rita de Caldas não há condições de se fazer uma separação dos tipos graníticos referidos, devido à interpenetração dos mesmos e à própria limitação da escala do mapa apresentado.

Tanto os granitos porfiróides como os equigranulares pertencem ao Maciço Pinhal.

IV.2.1 - Forma e Dimensões

De um modo geral circundam o contato externo do Maciço da Pedra Branca, com formato de semi anel, com espessura média de 2 a 3 km.

Pode ser individualizado, um corpo de granito porfiróide a N-NE-E do maciço sienítico, truncado pela saliência de sienito a Sudeste da cidade de Caldas e dois corpos de granitos equigranulares, um a Noroeste de Santa Rita de Caldas e outro a Norte de Ibityura de Minas. (mapa geológico anexo).

IV.2.2 - Correspondência Geomorfológica

A área de ocorrência dos granitos porfiróides e equigranulares é geomorfológicamente classificada como área de "mares de morros" onde o relevo é relativamente suave, apesar dos granitos porfiróides sustentarem regiões um pouco mais acidentadas. Predominam morros arredondados, convexos, vales em forma de U indicando fundo chato e com razoável cobertura de solos.

IV.2.3 - Contatos

Dos dois tipos de granitos, o equigranular é aparentemente mais jovem e corta os granitos porfiróides de maneira irregular e difusa, onde sinais de deformação ocorrem com certa frequência.

As relações de contato entre estes granitos e o Maciço da Pedra Branca são de natureza intrusiva demonstrando que o último é mais jovem que os granitos.

Os contatos com os migmatitos, aparentemente, são de transição, pois, à medida que se afasta do corpo granítico, observa-se hibridização crescente das litologias graníticas devido à contaminação das mesmas por rochas de composição totalmente diferente.

IV.2.4 - Litologia

IV.2.4.1 - Granitos Porfiróides

Esta unidade é constituída por microclina-adame-litos mesocráticos portadores de quartzo, oligoclásio e biotita. Apresentam megacristais de microclina com até 5 cm, com formas euhedrais a subhedrais, numa massa de granulação média a grossa e coloração acinzentada. Os mega-cristais mostram certa orientação dispersos na matriz, normalmente maciça.

IV.2.4.2 - Granitos Equigranulares

São rochas de estrutura maciça, textura xenomórfica equigranular, granulação fina a média e ocasionalmente exibindo granulação grossa. Mineralogicamente são constituídos essencialmente por feldspato potássico, quartzo e biotita.

IV.3 - O Maciço Sienítico da Pedra Branca

IV.3.1 - Forma e Dimensões

O maciço possui forma de um semi-círculo (vide mapa geológico anexo) cujo vértice Norte fica nas proximidades de Pocinhos do Rio Verde, (3 km a Oeste da cidade de Caldas) e cujo diâmetro se estende 13 km para Sudoeste. O semi-círculo possui um raio de 8 km na direção ESE, passa a Sul de Caldas e mostra uma saliência para Nordeste perto desta cidade aflorando nas proximidades da rodovia Poços de Caldas - Pouso Alegre. A Sul desta saliência encontra-se, na Serra da Pedra Branca, o ponto mais alto do Planalto de Poços de Caldas, isto é, 1764 m. É um marco orográfico visível a grande distância (Fotografia 1).

Provavelmente, antes da intrusão do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, o maciço sienítico teria forma horizontal circular quase perfeita.

Uma outra ocorrência de forma irregular devido a falhamentos, e com provável forma original circular, situa-se

a 4 km a Sudoeste da terminação do semi-círculo, no sentido Andradas. As dimensões aproximadas são de 3 km de comprimento por 1 km de largura.

IV.3.2 - Correspondência Geomorfológica

Conforme já descrito no item Geomorfologia a parte externa do semi-círculo, em contato com as rochas graníticas, assim como a ocorrência isolada a Nordeste de Andradas, enquadra-se geomorfologicamente nas áreas serranas, isto é, áreas de grandes desníveis topográficos, morros agudos, pouca cobertura de solo, vales em forma de V indicando rocha dura, vales profundos, sem aluviões, com água correndo sobre rocha sã com saltos e corredeiras.

A parte central do maciço sienítico, em contato com as rochas do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, pode ser geomorfologicamente classificada como área de "mares de morros". Nesta região o relevo é relativamente mais suave, com desníveis da ordem de 100 m, constituído por morros arredondados, solos dominantemente coluviais espessos. Os vales são em forma de U, fundo chato, com pequenos aluviões, encaixados por colinas do tipo convexo, indicativo de solo espesso.

IV.3.3 - Contatos Externos do Maciço Sienítico

IV.3.3.1 - Com o Maciço Alcalino de Poços de Caldas

Não cabe aqui discutir os possíveis mecanismos de intrusão do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, ressaltando-se todavia que as relações de contato das rochas alcalinas com o Maciço da Pedra Branca são bruscas, discordantes, (a orientação de fluxo magmático dos sienitos se mostra, de um modo geral, perpendicular ao contato) e de natureza variada, como segue:

a - contato direto, nítido e brusco entre os tinguaítos do Maciço de Poços de Caldas e os sienitos da Pedra Branca, a exemplo do afloramento 244.

b - contato direto, por meio de brecha alcalina (bostonitos), verificada no campo, situada entre os tinguaítos e os sienitos. Este tipo de contato é verificado nos afloramentos 258, 257 e 241 (vide mapa de pontos).

Na maioria dos casos a interligação dos contatos, vistos no campo, foram feitas através da interpretação aerofotográfica, posteriormente confirmado no campo através da diferenciação litológica nas proximidades do mesmo.

É interessante mencionar que na região de contato entre as duas grandes unidades o relevo não se impõe a favor de nenhuma delas, fato estranho, pois no restante do maciço alcalino, este se sobressai, através dos diques anelares.

Pelos motivos acima expostos fica difícil afirmar que exista qualquer relação genética entre os dois maciços.

IV.3.3.2 - Com os Granitos e Migmatitos

O contato externo, circular, do Maciço da Pedra Branca com os granitos e migmatitos nunca foi observado no campo, devido à grande quantidade de blocos de sienitos e solo coluvial, proveniente da grande escarpa que os sienitos formam na região de contato. (Fotografia 3). Nas proximidades do contato os granitos mostram fenômenos de orientação paralela ao contato, com cataclase incipiente.

Por fotografias aéreas este contato é nítido devido ao grande contraste topográfico entre as duas unidades. Observa-se, também, no campo, uma orientação plano paralela dos feldspatos potássicos dos sienitos concordantes à forma circular do maciço além de diferenças fundamentais na composição mineralógica, estrutural e textural entre o sienito e as rochas graníticas.

Isto leva a crer que o sienito é intrusivo nos granitos, intrusão esta, de penetração forçada, ou ainda, penetração de uma massa já semi cristalizada, implicando em forte orientação mineralógica destas rochas na sua parte externa.

Estas evidências afastam mais uma vez a hipótese de fenitização que, pressupõe a existência de contatos transitacionais e ausência de alteração da estrutura e textura das rochas envolvidas no processo.

IV.3.4. Litologia

De um modo geral, trata-se de rochas que apresentam estrutura fluidal mais ou menos desenvolvida, textura hipidiomórfica inequigranular, granulação média a grossa e cores rosa acinzentadas. A composição mineralógica destas rochas é bastante variada, mas globalmente podemos definir os seguintes minerais essenciais: ortoclásio, hornblenda, diopsídio ou aegirina-augita e biotita. Acessoriamente ocorrem vários minerais como apatita, quartzo, oligoclásio intercrescido ou não com quartzo (mirmequita), albita intercrescida no ortoclásio (microperita), titanita, zircão, clorita, opacos e nefelina, esta, somente no afloramento 115b (vide mapa de pontos).

Restitos relativamente raros, alongados, de dimensões variáveis nunca superiores a 20 cm, podem ainda ocorrer neste corpo. As extremidades são arredondadas, os contatos são muitas vezes difusos e mineralogicamente predominam minerais máficos.

Foram verificados ainda; um dique de tiguaito na área central do maciço, vários veios de quartzo maciço que localmente chegam a atingir 2 m de espessura e ainda diques de material pegmatítico de espessura decimétrica com composição granítica, provavelmente associados à fase final volátil do maciço sienítico.

IV.3.5 - Geologia Estrutural

As rochas do Maciço Sienítico da Pedra Branca apresentam forte orientação plano paralela, muito bem desenvolvida, principalmente por parte dos feldspatos potássicos de aspecto tabular segundo (010). Os minerais prismáticos (piroxênios e anfíbios) e placóides (micas) também são orientados, porém, de maneira não tão rigorosa. Esta orientação é concordante com a forma semi circular externa do maciço sienítico, isto é, paralela ao contato. É na região do contato, ou seja a zona externa do maciço que este fenômeno se manifesta com maior intensidade.

Este processo de orientação plano paralela sucede-se sob a forma de fluxo laminar (Cloos, 1923), quando uma massa rochosa escoar-se no estado semi-sólido, com as partículas individuais deslizando entre si, em virtude das elevadas condições de pressão e temperatura reinantes no interior da crosta.

As lâminas de fluxo tendem a paralelizar os contatos das encaixantes rígidas ou menos plásticas. Este fato não pode ser observado no campo pois a região de contato sempre encontra-se encoberta por material coluvial, devido a grande diferença topográfica que existe entre o sienito e suas encaixantes graníticas (fotografias 2 e 3). A velocidade diferencial das várias lâminas de fluxo, originando a estrutura planar, será muito maior na região externa que no interior do corpo rochoso, normalmente mais plástico (Loczy e Ladeira, 1976). Isto pode ser perfeitamente corroborado já que na zona interna do maciço (onde se situa o contato com as rochas do Maciço Alcalino de Poços de Caldas), esta orientação não se acha tão bem desenvolvida, assumindo aqui direções caóticas.

Segundo Loczy e Ladeira (1976), o termo estrutura planar de fluxo é praticamente sinônimo de foliação primária, porém é mais abrangente por se referir à orientação planar preferencial não só de minerais platiformes mas também inclusões, como as ocorrentes nos sienitos da Pedra Branca, sob a forma de "schlieren" de formas irregulares e segregações normalmente de formato ovalado.

A principal feição estrutural do maciço sienítico no estado sólido é o desenvolvimento de juntas transversais, isto é, perpendiculares à estrutura circular configurada pela estrutura planar de fluxo. Este fenômeno é observado tanto no campo como em secções delgadas.

IV.4 - Rochas Sedimentares

Ocorrem em áreas restritas nas imediações do Grande Hotel em Pocinhos do Rio Verde. Trata-se de corpo de arenito constituído na base por um arenito fino, medianamente friável, sobreposto por um siltito roxo quebradiço de pequena espessura, o qual por sua vez é recoberto por um arenito fino e duro. As espessuras das diferentes litologias que compõem este corpo são desconhecidas. Próximos a esta região foram mapeadas mais duas ocorrências: uma no bairro de Campinas e outra nas encostas do Serrote do Maranhão. A primeira ocorrência assenta-se sobre rochas migmatíticas e a segunda sobre rochas alcalinas (Wernick, 1975).

O arenito geralmente é endurecido pelo metamorfismo térmico de contato quando da intrusão. Esta intrusão deslocou o corpo de arenito de sua posição original, possivelmente horizontal a sub-horizontal, para direções diversas, mas predominantemente paralelo ao contato externo do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, com mergulhos variando de 25° a 45° para o centro do maciço.

O corpo é essencialmente arenítico, constituído de grãos de quartzo, apresentando granulação fina.

Hipoteticamente atribui-se a estes sedimentos idade permocarbonífera, em analogia a rocha semelhantes mapeadas por Ebert (1972) ao longo da Rodovia Pinhal-São João da Boa Vista.

IV.5 - Maciço Alcalino de Poços de Caldas

IV.5.1 - Forma e Dimensões

Na sua totalidade o Maciço Alcalino de Poços de Caldas perfaz uma área aproximada de 800 km², sendo considerado como um dos maiores do mundo, formado quase exclusivamente de rochas nefelínicas. Possui forma elíptica, com 35 km no sentido Nordeste-Sudoeste e 30 km no sentido Noroeste-Sudeste.

Na área mapeada aparece parcialmente, representado por sua porção Sudeste.

IV.5.2 - Correspondência Geomorfológica

Também corresponde à área de "mares de morros".

IV.5.3 - Relações de contato

Sem entrar em detalhes sobre a evolução do maciço alcalino podemos afirmar que as relações de contato com todas as unidades mapeadas é de natureza discordante e intrusiva.

IV.5.4 - Litologia

As rochas alcalinas na área mapeada são constituídas, em sua maior parte, por tinguaitos. Em menor quantidade ocorrem nas bordas da intrusão, nefelina sienito fino, (afloramento 240) e fonólitos ao Norte de Andradas.

Os tinguaitos são rochas maciças, variando de termos finos a médios, podendo-se observar no campo, nos termos de granulação média, ser a composição mineralógica provável cons

tituída por feldspato potássico e piroxênios. Às vezes estas rochas apresentam diversos estágios de bauxitização.

As ocorrências de bostonito estão associados aos pontos de ocorrência de material interpretado no campo como sendo brechas alcalinas e também junto ao corpo de arenito próximo ao Grande Hotel em Pocinhos do Rio Verde.

O nefelina sienito é maciço, sendo sua ocorrência restrita. Apresenta coloração cinza claro e é composto essencialmente por feldspato potássico e piroxênio em menor quantidade.

IV.6 - Estruturas Geológicas

IV.6.1 - Disposição dos Corpos

Analisando-se o mapa geológico anexo, verifica-se que a disposição dos granitos porfiróides, granitos equigranulares e sienitos é de forma semi-circular. O centro deste semi-círculo é ocupado pelas rochas sieníticas margeadas por granitos porfiróides e equigranulares que por sua vez são ladeados por migmatitos. As unidades acima descrita são correlacionáveis ao Ciclo Brasileiro.

A evolução geológica destas unidades, baseadas em relações de campo, evidenciam que primeiramente ocorreu a intrusão de granitos porfiróides associado à formação dos migmatitos resultante da injeção irregular desses granitos em rochas pré-existentes. Posteriormente tanto os granitos porfiróides e migmatitos foram intrudidos por granitos equigranulares. O último evento Brasileiro foi a intrusão, com formato semi-circular, de maneira forçada, dos sienitos da Pedra Branca nos granitos porfiróides e equigranulares.

No Cretáceo Superior houve a intrusão do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, que na área mapeada é representada por sua parte oriental, de formato circular.

Anteriormente a esta intrusão, acredita-se que os granitos porfiróides, granitos equigranulares e os sienitos tivessem uma forma circular seccionada em sua porção ocidental quando da intrusão do maciço alcalino. Como se sabe, o Maciço Alcalino de Poços de Caldas sofreu grandes abatimentos, demonstrados pelas posições atuais dos sedimentos (Björnberg, 1959). É bem possível que toda a porção ocidental do Maciço Sienítico da Serra da Pedra Branca (e granitos) acompanhou este colapso. Posteriormente a região teria sido recoberta de lavas alcalinas, já que na mesma, não existem indícios do dique anelar externo do maciço alcalino.

IV.6.2 - Distribuição das Direções de Foliações ou Bandeamentos

Pelo mapa geológico anexo, fica evidente que a distribuição dos elementos planares corroboram a disposição semicircular tanto dos migmatitos, granitos e sienitos. Nos sienitos os mergulhos da estrutura fluidal variam desde verticais até 70% para dentro do contorno semicircular.

IV.6.3 - Falhas

Todas as falhas indicadas no mapa geológico provêm da fotointerpretação, por diferenças de expressões morfológicas do terreno. Somente duas destas falhas puderam ser identificadas no campo: uma nas proximidades de Caldas e Pocinhos do Rio Verde e outra pouco a Norte de Ibituira de Minas. As duas falhas aparentemente são anteriores a intrusão do Maciço alcalino de Poços de Caldas. Fica porém evidente que existem falhas posteriores à intrusão do maciço alcalino já que estas cortam tanto rochas Brasilianas como Cretácicas.

IV.6.4 - Faturamentos

Apesar de não ser dada atenção especial aos sis-

temas de fraturamentos, fica muito evidente o desenvolvimento de juntas transversais, perpendiculares ao formato semicircular do maciço sienítico, o qual é concordante com a estrutura planar de fluxo desenvolvida na rocha. Estas fraturas são verificadas tanto macro como microscopicamente.

V - PETROGRAFIA

V.1. Migmatitos

V.1.1 - Descrição Macroscópica

Conforme já citado anteriormente os migmatitos resultam da injeção de material granítico em rochas pré-existent. Estas, chamadas de paleossoma, ocorrem como verdadeiros restos de diversos tamanhos (até dezenas de metros), ostentando formatos irregulares e contatos nítidos a difusos com o material granítico neossomático. As associações entre o paleossoma e neossoma, na área mapeada, configuram estruturas migmatíticas como as do tipo nebulítico, "schlieren", "schollen" e oftalmítico. A composição, bastante homogênea, do neossoma, é granítica a adamelítica, o que é revelado pela presença em ordem decrescente de frequência dos minerais essenciais; microclina, quartzo, plagioclásio e biotita. O neossoma tem aspecto maciço, equigranular, às vezes com textura porfiróide e pode conter megacristas de microclina geminados segundo a lei de Carlsbad, neste caso, levemente orientados. As rochas constituintes do paleossoma normalmente conservam suas estruturas e texturas originais, principalmente quando o migmatito apresenta estrutura "schollen". O paleossoma, de um modo geral, apresenta estrutura gnaissica, com alternância difusa de leitos claros e escuros normalmente de espessuras milimétricas. Os leitos escuros são de coloração verde escura, compostos essencialmente por hornblenda e biotita. Plagioclásio e quartzo compõem essencialmente os leitos de coloração cinza esbranquiçado. Predominam nestas rochas a textura granoblástica, às vezes lepidoblástica sendo que, neste caso, a biotita predomina nos leitos escuros.

V.1.2 - Descrição Microscópica

Não foi dada atenção especial à descrição microscópica dos migmatitos já que o tema central não visou detalhamento desta unidade rochosa.

O estudo de algumas secções delgadas do neossoma revelou que sua composição é granítica e adamelítica, fato decorrente da grande variação no teor em plagioclásio. As relações de contato entre os feldspatos, indicam que a microclina (pertítica e com geminação em grade), é o último mineral a se cristalizar ao substituir plagioclásio, quartzo e intercrescimentos mirmequíticos formados entre eles.

O quartzo exibe extinção ondulante. Acessoriamente ocorrem minerais opacos, hornblenda, apatita, titanita e zircão, todos com distribuição homogênea no neossoma.

Microscopicamente o paleossoma foi estudado em algumas amostras coletadas por Ebert (1966), ao longo da rodovia Poços de Caldas-Santa Rita de Caldas.

As características das principais variedades litológicas, que compõem os migmatitos, são sucintamente descritos a baixo:

- Anfibolitos

Apresentam estrutura maciça a gnáissica e textura granoblástica. São compostos essencialmente por andesina sódica e hornblenda com granulação um pouco maior que a dos plagioclásios. A hornblenda exibe fraca extinção ondulante e está associada aos plagioclásios por justaposição. Como acessórios ocorrem: a biotita, a qual parece substituir a hornblenda; diopsídio que ocorre sempre associado à hornblenda; clorita como mineral secundário já que se forma nas bordas tanto dos anfibólitos como das biotitas; opacos, sempre associados aos máficos e com granulação bem inferior em relação aos outros minerais da rocha.

- Hornblenda Diorito Gnaisse

São rochas com estruturas e texturas semelhantes aos anfibolitos havendo já uma separação incipiente entre leitos claros e escuros. A microclina é o mineral predominante: os cristais são irregulares, a geminação em grade é bem desenvolvida e,

pelas relações texturais de contato, parecem substituir os plagioclásios. Provavelmente a microclina seja oriunda da migmatização sofrida por estas rochas.

Numa porcentagem bem menor ocorre oligoclásio sendo que, em alguns cristais, foi observada geminação segundo a lei de Albita. Os plagioclásios apresentam estrutura zoneada na qual aparentemente as partes externas apresentam um teor maior em anortita. Podem apresentar intercrescimento com quartzo sob a forma de mirmequita. A hornblenda ocorre com fraca orientação, em leitos mal definidos, com formas prismáticas euhedrais a subhedrais, entre os feldspatos.

Acessoriamente ocorrem quartzo (menos que 2%), opacos apatita, biotita e hiperstênio.

Foi descrita uma lâmina com características semelhantes mas sem a ocorrência de microclina, revelando ser este mineral realmente de cristalização posterior, provavelmente resultante do processo de migmatização.

- Meladioritos

Apresentam estrutura maciça, textura granoblástica e a composição mineralógica é dada por porcentagens aproximadamente iguais dos minerais, a saber: andesina, deformadas, zoneadas, podendo mostrar-se intercrescidas com feldspato potássico sob a forma de antipertita; biotita, fortemente pleocrônica, granulação bastante variável, normalmente deformada e com bordas clorizadas; augita, de coloração levemente amarronzada, sob a forma de grãos irregulares e algumas vezes apresentando-se intercrescidos com biotita. Os minerais máficos não ostentam nenhuma orientação. Apatita e magnetita são os acessórios mais comuns.

V.2 - Granitos Porfiróides

V.2.1 - Descrição Macroscópica

São rochas de estrutura porfiróide com megacris-

tais de microclina, rosados, numa matriz acinzentada de granulação média a grossa. Ocasionalmente alguns afloramentos não exibem megacristais de microclina. A textura é inequigranular xenomórfica (matriz), hipidiomórfica (megacristais). Apresentam-se levemente orientadas segundo o alongamento dos megacristais. Composto essencialmente por megacristais de microclina, numa matriz de oligoclásio, quartzo e biotita. Opacos, apatita e zircão são os acessórios mais comuns.

Na estrada que liga a cidade de Caldas a Pocinhos do Rio Verde estes granitos exibem uma orientação mais pronunciada com aspecto cataclástico.

A ocorrência de impurezas anfiboíticas de formas e dimensões irregulares, com contatos difusos podem ser observadas no interior destes corpos.

V.2.2 - Descrição Microscópica

A descrição microscópica dessas rochas revela através das suas relações estruturais e texturais, que os megacristais de microclina são de formação posterior em relação à matriz, pois nos contatos externos, às vezes semi-ovalados, pequenos cristais de biotita dispõem-se concordantemente ao contorno. As rochas entre Caldas e Pocinhos do Rio Verde realmente revelaram ser de caráter cataclástico, com forte extinção ondulante do quartzo e deformação dos plagioclásio. Este fato parece não acontecer com a microclina indicando mais uma vez sua cristalização posterior. A matriz revelou ser de composição granodiorítica já que o feldspato predominante é a andesina.

Uma breve descrição dos constituintes do granito porfiróide segue abaixo:

- Microclina

Forma os grandes megacristais da rocha, caracte-

risticamente euhedrais e subhedrais. Mostram geminação Carlsbad e em grade bem desenvolvida além de algum intercrescimento com albita sob a forma de pertita. Normalmente ocorrem em cristais individuais, com seus contatos externos rodeados por biotita. A microclina ainda pode ocorrer, numa proporção bem menor, disperso na rocha sob a forma de pequenos cristais anhedrais, somente com geminação em grade, associados ao quartzo e andesina, estes com bordas de corrosão evidenciando substituição. Este fenômeno se manifesta em maior proporção entre Caldas e Pocinhos do Rio Verde, indicando na realidade tratar-se de blastoclasitos. É freqüente tanto nas bordas dos megacristais como nos cristais de granulação menor a ocorrência de mirmequita, a qual aparentemente está sendo substituída. Quando alterados os feldspatos potássicos apresentam-se caolinizados.

- Plagioclásios

Os plagioclásios são os minerais que predominam na matriz destes granitos. (Microfotografia 1) Na sua maioria são cristais anhedrais, raramente subhedrais nos termos de granulação mais grossa. (Microfotografia 2) Apresentam geminação polissintética segundo a lei de Albita (010) bem desenvolvidas, mas normalmente deformadas. Geminação segundo a lei de Periclina (001) em indivíduos que apresentam geminação albita é raro. O ângulo de extinção nos plagioclásios varia de 6,5 até 25°, (o ligoclásio a andesina). Em alguns casos apresentam-se intercrescidos com quartzo, sob a forma de mirmequita e mesmo assim acham-se englobados pela microclina. Os plagioclásios são os primeiros minerais a se alterar (por sericitização) na rocha.

- Quartzo

Exibem formas totalmente irregulares, extinção fortemente ondulante (principalmente entre Caldas e Pocinhos do Rio Verde), indicando deformações. Ocorrem sempre associados ou intercrescidos com plagioclásio ou ainda sob a forma de verdadeiros restos dentro da microclina.

Microfotografia 1 - Granito porfiróide. Aspecto geral da "matriz" dos granitos porfiróides mostrando substituição do mineral acessório hornblenda pela biotita. Nicóis X, aumento 25 x.

Microfotografia 2 - Granito porfiróide. Detalhe da "matriz" dos granitos porfiróides mostrando plagioclásio subhedral em contato com microclina e biotita. Nicóis X, Aumento 32 x.

- Biotita

Ocorre como mineral acessório sob a forma de pequenos cristais, subhedrais a anhedrais, distribuídos caoticamente em torno de megacristais de microclina. Mesmo quando isolados não ostentam qualquer orientação preferencial, a não ser nas zonas de cataclase já mencionadas. Normalmente apresentam bordas de alteração a clorita.

Acessoriamente podem ainda ocorrer opacos (provavelmente magnetita), hornblenda, apatita, titanita e zircão, todos com distribuição homogênea, sem nenhuma associação preferencial.

V.3 - Granitos Equigranulares

V.3.1 - Descrição Macroscópica

São rochas maciças, textura hipautomórfica equigranular de granulação média, podendo ocorrer termos mais finos e, raramente de granulação grossa. De um modo geral são de coloração rosada, leucocráticos, localmente mesocráticos devido a uma maior concentração de biotita. São compostos em ordem decrescente de frequência de; microclina, quartzo, oligoclásio e biotita. Mostram alguma orientação quando nas proximidades ou regiões de contato com os granitos porfiróides.

V.3.2 - Descrição Microscópica

A descrição microscópica revelou uma composição que não pode ser correlacionada à matriz dos granitos porfiróides pois o conteúdo em plagioclásio nos granitos equigranulares é bem inferior. (Microfotografia 3). Por suas relações texturais parece que a microclina foi o último mineral a se cristalizar nesta unidade. Individualmente o comportamento dos minerais é como segue:

Microfotografia 3 - Aspecto geral do granito equigranular evidenciando o amplo predomínio da microclina sobre os plagioclásios. Nicóis X, aumento 10 x.

- Microclina

É visivelmente um mineral de cristalização posterior aos outros constituintes da rocha. A geminação em grade é bem desenvolvida e raramente apresenta geminação segundo a lei de Carlsbad. Os cristais demonstram pouca variação na granulação e são de forma irregular em virtude das relações de contato com quartzo e plagioclásio indicar corrosão. A microclina acha-se intercrescida com albita, esta sob a forma de micropertita. Comum é a ocorrência dentro da microclina, de quartzo e restos de cristais de plagioclásio exibindo geminação polissintética. Sob os efeitos de intemperismo os cristais de microclina se mostram caolinizados e/ou sericitizados.

- Quartzo

A exemplo da microclina os cristais são totalmente irregulares. Podem ocorrer sob a forma de cristais isolados

ou agregados, dispostos entre cristais de microclina e plagioclásio ou ainda englobados pela microclina ou mesmo, dentro dos plagioclásios sob a forma de mirmequita. De um modo geral apresentam extinção pouco ondulante a não ser nas proximidades ou nos contatos com granitos porfiróides, onde aquele tipo de deformação é mais evidente.

- Plagioclásio

Os plagioclásios ocorrem sempre sob a forma de restitos (no interior ou nos espaços intercristais de microclina) ou intercrescidos com quartzo nas bordas dos feldspatos potássicos, quando configuram arranjo ou textura mirmequítica. São cristais anhedrais, muito irregulares e ostentando geminação polissintética desenvolvida segundo a lei de Albita. Os ângulos de extinção, medidos nesses minerais, demonstram tratar-se de oligoclásio. Os plagioclásios são os minerais que apresentam maior estado de alteração, estando normalmente sericitizados.

- Biotita

É representada por cristais que formam finas lamelas de contornos irregulares distribuídas homogeneamente na rocha, sem orientação preferencial, a não ser nas proximidades dos contatos com os granitos porfiróides onde exibem uma fraca orientação e extinção levemente ondulante. Apresentam pleocroísmo marrom escuro a marrom claro. Normalmente as bordas das biotitas estão cloritizadas.

- Acessórios

Nos granitos equigranulares os acessórios mais comuns são; opacos, apatita, titanita, hornblenda e zircão, todos com distribuição homogênea na rocha. As dimensões dos minerais acessórios são menores que as dos minerais essenciais e suas formas são irregulares. Os minerais opacos (provavelmente magnetita), quase sempre ocorrem associados a biotita ou hornblenda.

V.4 - Maciço Sienítico da Serra da Pedra Branca

V.4.1 - Descrição Macroscópica

As rochas do maciço sienítico ostentam estrutura fluidal, com nítida orientação dos feldspatos de aspecto tabular, segundo seus planos (010), ficando os outros minerais encaixados ao longo destes planos (Fotografia 4). Esta estrutura acha-se melhor desenvolvida no contato externo do maciço onde acompanha a orientação do próprio contato. No centro do maciço a estrutura fluidal acha-se menos desenvolvida, com orientação não definida, havendo mudanças direcionais mesmo em escala de afloramento.

A textura, como já mencionada, é hipidiomórfica, inequigranular com granulação média a grossa.

Macroscopicamente distingue-se o feldspato potássico de coloração rosa, aspecto tabular muito bem desenvolvido, geminação evidente, com orientação plano paralelo entre eles, podendo atingir até 2 cm de comprimento segundo (010). Anfibólios e piroxênios ocorrem associados, normalmente com contatos por justaposição aos feldspatos potássicos, ambos com forma prismática, nem sempre acompanhando o alongamento dos feldspatos. Distingue-se anfibólios de piroxênios, pelo fato do primeiro ser de coloração verde mais escura que os piroxênios e pelo ângulo de clivagens. A biotita é facilmente identificável pela sua coloração preta, clivagem em placas segundo (001), brilho característico, normalmente com orientação concordante aos feldspatos. Pontuações submilimétricas de apatita, titanita e quartzo, com distribuição homogênea, às vezes são reconhecidas macroscopicamente nos termos de granulação mais grossa.

V.4.2 - Descrição Microscópica

O levantamento microscópico dos sienitos da Pedra Branca revelou a existência de um zoneamento mineralógico do corpo como um todo. A parte externa deste maciço, isto é, próxi-

Fotografia 3 - Região de contato entre os granitos e sienitos onde se nota a brusca mudança de relevo próximo ao afloramento 115. Os sienitos se encontram à direita na foto (NE).

Fotografia 4 - Aspecto geral do sienito em matacão partido mostrando estrutura fluidal e pequenos "xenólitos".

mo ao contato semicircular com as rochas graníticas, é composta de rochas saturadas (sem quartzo), insaturada num único afloramento (A-115) onde foi determinado o feldspatóide nefelina. O máfico característico destas rochas saturadas e insaturadas é a aegirina-augita. O anfibólio, hornblenda, é por vezes azulada e, neste caso seria possivelmente mais sódico, podendo corresponder a uma eckermanita. Entre os máficos essenciais ocorre ainda a biotita. A estrutura, ao microscópio, também evidencia uma forte estrutura fluidal, com orientação plano paralela, tabular segundo (010) dos feldspatos potássicos, porém sem deformação tectônica, nem nos feldspatos nem no restante dos minerais que compõem a rocha. A composição modal caracteriza volumetricamente os constituintes mineralógicos desta zona, assim como a variação da proporção entre os diversos minerais máficos. Para a ausência em certas amostras, de alguns destes máficos, não temos explicação no momento (vide tabela 1).

Na parte interna do maciço, mesmo no contato com o Maciço Alcalino de Poços de Caldas, o sienito mostra-se saturado a supersaturado chegando em alguns locais a conter até 6% em quartzo. O diopsídio é o máfico característico da zona, também, ocorrendo variavelmente, biotita ou hornblenda. A pequena saliência a Sudoeste de Caldas mostra-se supersaturada. Também nesta região interna, os feldspatos potássicos são mais intensamente pertíticos que na zona externa do maciço. A estrutura fluidal nesta região mostra-se menos desenvolvida que na parte externa mas sempre com uma ligeira orientação plano paralela. A textura revela-se semelhante àquela descrita macroscopicamente. A composição modal das rochas da parte interna do maciço sienítico acha-se na tabela 2.

A caracterização de cada constituinte mineralógico do maciço sienítico é como segue abaixo:

- Ortoclásio

É o mineral que predomina na rocha. Baseado em estudos através da platina de Federoff com auxílio da projeção estereográfica, o feldspato demonstrou simetria monoclínica e

TABELA I - COMPOSIÇÃO MODAL DOS SIENITOS SATURADOS A INSATURADOS																			
Amostra Minerais	OF-185	A-115b	A-89	A-185	A-305	A	A-93	A-146	A-151	A-187	A-171	A-136	A-97	Cd-120	Cd-119	A-88	A-227	A-62	A-114
Ortoclásio	72,82	70,04	80,16	71,38	73,82	70,16	68,43	72,84	68,48	72,87	66,93	75,78	71,25	69,06	83,06	78,27	65,15	87,59	72,26
Plagioclásio	2,27	0,31	-	1,46	1,81	2,75	2,42	1,36	0,52	-	-	0,62	3,53	-	-	-	0,20	4,42	-
Biotita	2,44	6,36	2,25	3,17	3,55	-	4,26	3,09	9,48	5,70	1,61	4,83	1,22	2,97	2,90	-	6,84	0,70	0,59
Hornblenda	-	-	3,81	-	8,60	12,21	0,15	1,60	0,07	-	15,93	0,24	10,15	-	-	10,20	-	0,56	13,58
Aegirina-Augita	15,16	14,13	8,73	17,05	7,50	0,01	17,25	14,32	14,26	16,10	5,15	11,47	6,87	17,72	9,36	4,76	18,77	5,61	7,86
Titanita	3,14	3,34	0,62	1,52	0,97	2,75	2,42	0,86	-	1,88	5,42	2,28	3,89	2,49	1,34	1,28	-	0,56	0,96
Apatita	2,18	2,56	2,62	2,98	1,74	1,46	2,20	3,21	3,14	2,26	2,74	1,99	1,94	4,12	1,64	0,91	5,56	0,28	1,19
Opacos	2,00	0,94	1,81	2,44	1,87	1,66	2,86	2,72	4,05	1,19	2,21	2,80	1,16	3,64	1,71	1,66	3,39	0,28	2,74
Mirmequita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,95	-	-	0,74
Zircão	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	0,07
Nefelina	-	2,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 2 - COMPOSIÇÃO MODAL DOS SIENITOS SATURADOS A SUPER SATURADOS																
Amostra minerais	Cd-125	A-290	OF-184	A-291	A-82	A-81	A-279	A-275	A-263	A-253	A-245	A-172	A-251	Cd-122	A-207	Cd-121
Ortoclásio	76,15	71,97	76,22	79,17	73,26	72,55	72,89	73,33	73,53	66,45	66,77	74,00	75,88	72,29	73,82	81,81
Quartzo	2,17	3,70	0,22	2,43	4,69	1,63	2,40	3,16	0,25	2,92	0,84	6,08	-	0,50	6,12	0,70
Plagioclásio	2,70	-	1,26	0,49	-	-	-	-	0,50	-	5,46	3,69	-	0,92	-	0,82
Biotita	3,69	0,16	2,34	2,43	0,13	0,82	6,36	3,16	0,50	2,12	5,69	3,48	3,59	0,28	2,15	0,06
Hornblenda	3,41	11,59	0,25	2,78	14,08	14,67	1,56	2,88	4,44	16,37	0,76	2,68	-	12,69	6,06	3,92
Diopsídio	6,96	5,44	13,63	7,71	1,41	5,71	10,32	9,25	14,99	5,19	15,40	6,52	13,88	7,94	3,47	8,78
Titanita	0,28	0,36	0,02	0,63	1,28	-	-	-	0,84	0,22	-	-	-	0,07	-	1,01
Apatita	2,56	2,42	4,12	1,81	2,18	1,36	1,88	1,64	2,26	1,68	1,97	1,30	2,15	2,41	1,53	1,39
Opacos	1,99	2,00	1,97	2,43	1,28	1,09	2,09	3,48	2,68	1,83	3,11	2,17	4,50	2,91	2,71	1,52
Mirmequita	-	2,26	-	-	1,61	1,90	2,45	3,00	3,22	-	-	-	-	-	2,08	-
Zircão	-	0,10	-	0,07	0,06	0,27	0,05	0,09	-	-	-	0,07	-	-	-	-

geminção segundo a lei de Carlsbad, o ângulo $2V$ determinado, varia de 60 a 78° indicando que estes feldspatos pertencem à série ortoclásio-micropertita com 30 a 50% do componente albita (Heinrich, 1965). Como os sienitos são compostos, na sua grande maioria, por um único feldspato, o magma deveria, segundo Heinrich (1965), ter-se cristalizado sob condições "hiper-solvus" (temperaturas altas e pressões baixas), permitindo entretanto um resfriamento suficientemente lento para que atingida a temperatura do "solvus" o feldspato exsolva o componente albita.

O ortoclásio ocorre sob a forma de grandes cristais euhedrais a subhedrais com até 2 cm, tabulares, alongados segundo uma orientação preferencial. (Microfotografia 4). Quase todos os indivíduos, apresentam um único plano de geminação, normalmente não retilíneo, planos estes paralelos a (010) (Microfotografia 5). Também formam grãos menores, anhedrais, normalmente concentrados, sem geminação e intercrescidos de maneira irregular, associados ou não aos cristais maiores de ortoclásio. A maioria dos cristais apresenta intercrescimento micropertítico, em forma de filmes que normalmente cortam de maneira perpendicular as linhas de geminação. Ao longo destas linhas não há, em geral, deslocamento dos filmes de albita, o que sugere uma provável geminação anterior ao intercrescimento pertítico. A porcentagem de albita pertítica na parte central do maciço sienítico é superior é observada na zona externa onde, às vezes, o ortoclásio se isenta de albita. Aqui, alternativamente, núcleos de ortoclásio homogêneo se enriquecem perifericamente de albita pertítica chegando, algumas vezes a se observar pequenos cristais individualizados de albita nas bordas do feldspato potássico. Os feldspatos onde este fenômeno ocorre, apresentam estrutura de crescimento em zonas. O crescimento concêntrico parece ser anterior à geminação, visto que, nos planos de composição estas estruturas estão um pouco deslocadas de um indivíduo para outro.

Individualmente os cristais de ortoclásio, pertíticos ou não, apresentam estrutura poiquilítica, devido a existência de agulhas e "pingos" de material não identificável microscopicamente (Microfotografia 6). As agulhas são de material transparente, relevo alto, birrefringência forte, com alongamen

Microfotografia 4 - Sienito fluidal com cristais alongados e tabulares de ortoclásio, com geminação Carlsbad. As fraturas são perpendiculares ao alongamento dos feldspatos. As partes mais claras dos piroxênios indicam início de sua substituição pela biotita. Nicóis X, aumento 10 x.

Microfotografia 5 - Sienito mostrando estrutura fluidal na qual fica evidente que os planos de geminação dos feldspatos não são retilíneos e as fraturas são perpendiculares a estes planos. Nicóis X, aumento 10 x.

Microfotografia 6 - Cristal de ortoclásio mostrando crescimento de "agulhas" e "pingos" de material não identificável, além de opacos. Dentro do "pingo" há textura de exsolução. Notar plano de geminação não retilíneo e fraturas perpendiculares ao plano de geminação. Nicóis X, aumento 100 x.

to paralelo ao alongamento do cristal (rutilo?). Os "pingos" aparentemente são de material sub-opaco, cor amarronzada, formas variadas desde quadrados até arredondados. Os "pingos" exibem texturas de exsolução evidenciado pelos contatos nítidos entre termos de coloração marrom escura e marrom médio (microfotografia 6).

É freqüente o fraturamento nos feldspatos, perpendicular ao alongamento e às linhas de geminação. (Microfotografias 4,5 e 6). Fenômenos de sericitização e caolinitização são comuns nos termos semi decompostos e decompostos.

- Diopsídio

É o mineral predominante na zona interna do maciço sienítico. Ostenta em sua maioria formas anhedrais, de granulação bastante variada, coloração verde claro, não pleocrômico. Não segue com tanto rigor a orientação fluidal, ostentando por vezes disposição perpendicular dos eixos C entre eles, numa mesma amostra (Microfotografia 7). Os piroxênios mostram linhas de clivagem bem desenvolvidas, nas secções basais (Microfotografias 7 e 8).

Microfotografia 7 - Diopsídio e hornblenda mostrando secções basais com linhas de clivagem bem desenvolvidas com o segundo substituindo o primeiro, e evidenciando também a disposição ortogonal entre os piroxênios.

O diopsídio sempre ocorre associado a outros máficos, raramente isolados, neste caso dentro dos cristais de ortoclásio. A distribuição do diopsídio com o seus associados é homogênea na rocha, ocorrendo entre os cristais de feldspato potássico por justaposição.

Microfotografia 8 - Substituição direta de piroxênio por biotita, que também substitui a hornblenda. Notar secção basal do piroxênio com linhas de clivagem bem desenvolvida. Nicóis //, aumento 25 x.

Quando o diopsídio ocorre associado à hornblenda e/ou biotita, fica nítida a substituição do piroxênio pelos dois últimos, sendo o contato sempre irregular com formas de corrosão, indicando substituição (Microfotografias 7, 9, 10, 11, 12, 13). Ocorrem verdadeiros restos de diopsídio, totalmente irregulares, dentro dos cristais de hornblenda (Microfotografias 9, 10, 11). Tanto os contatos de substituição, como os verdadeiros restos dentro dos anfibólios, indicam ser o diopsídio de cristalização anterior à hornblenda e a biotita. Portanto um processo inverso caso tivéssemos um fenômeno de fenitização.

O diopsídio apresenta-se bastante fraturado, quase sempre em direção perpendicular ao eixo c do cristal, quando este é paralelo à orientação da rocha. Nas rochas semi decompostas precipitou-se hidróxido de ferro ao longo dos planos de clivagem e fraturas. Em alguns casos as bordas do mineral estão calcitizadas.

Microfotografia 9 - Substituição do piroxênio por anfibólio. Observar pequeno cristal ovalado de zircão dentro da hornblenda. Nicóis//, aumento 32 x.

Microfotografia 10 - Verdadeiro resto de piroxênio dentro da hornblenda associada à magnetita. Nicóis//, aumento 32 x.

Microfotografia 11 - Restos de piroxênio (no caso aegirina-augi-
ta) dentro da hornblenda associada à titani-
ta e opacos. Nicóis//, aumento 25 x.

Microfotografia 12 - Substituição de piroxênio por hornblenda e
deste por biotita. Nicóis//, aumento 10 x.

- Aegirina-augita

Como acontece com o diopsídio na parte interna, a aegirina-augita é o máfico que predomina na zona circular externa. As características texturais são semelhantes ao diopsídio com exceção da coloração verde médio, pleocroísmo fraco mas bem evidente. Nas demais características o comportamento da aegirina-augita é semelhante ao diopsídio, sendo também substituído por hornblenda e/ou biotita.

- Hornblenda

A hornblenda forma cristais anhedrais a subhedrais, normalmente de tamanho bastante variável, porém de um modo geral, um pouco maior que os piroxênios, sendo às vezes geminada. O pleocroísmo é bem evidente. Este anfibólio é o máfico que menos obedece à orientação fluidal ostentada pela rocha. Mostra, numa mesma secção delgada, secções basais com duas direções de clivagem bem desenvolvidas, e indivíduos oblíquos com uma só direção de clivagem ao longo do eixo c (Microfotografia 7).

Fica muito evidente o fato da hornblenda estar substituindo tanto o diopsídio quanto a aegirina-augita. A substituição é feita tanto nas bordas como nos núcleos dos piroxênios, ou ambos ao mesmo tempo, até a substituição total (Microfotografia 7,9,10,11,12,13).

Em diversos anfibólios, principalmente na parte externa do maciço, são verificadas bordas com cores azuladas, levemente pleocrônicas. Nos cristais onde ocorre o fenômeno parece haver um zoneamento mais ou menos homogêneo, onde no centro tem-se hornblenda normal e à medida que se afasta do centro a coloração do anfibólio passa gradativamente para cores azuladas. Podem ainda ocorrer, pequenos cristais completamente azulados onde não se verifica zoneamento nenhum. Trata-se provavelmente de um anfibólio sódico afim da arfvedsonita, possivelmente eckermanita. Faltam outros dados, de natureza especialmente química, para se confirmar a identificação.

É interessante ressaltar que tanto na parte interna como na parte externa ocorrem rochas onde não se verifica a ocorrência de anfibólitos, inclusive o afloramento portador de nefelina (A-115). No momento não temos como explicar o fenômeno.

O grau de fraturamento dos anfibólitos é bem menor que nos piroxênios. Os anfibólitos são mais resistentes à decomposição que os piroxênios, sendo difícil a sua alteração que quando ocorre, manifesta-se por preenchimento das linhas de clivagem por hidróxido de ferro, com raras bordas de alteração a clorita.

- Biotita

É o mineral, entre os máficos, que apresenta maior variação de tamanho, desde lamelas submicroscópicas até a cerca de 1 cm. São anhedrais a subhedrais, com pleocroísmo marrom avermelhado bem evidente, clivagem segundo (001), podendo apresentar extinção pouco ondulante indicando pequena deformação, quando ou após sua cristalização. Dos minerais máficos é o que melhor obedece à orientação fluidal (Microfotografia 14), mas não se trata de regra geral. Ocorre sempre intercalado ou associado aos piroxênios e/ou anfibólitos, com distribuição homogênea na rocha. Nos piroxênios, a biotita se desenvolve ao longo dos planos de clivagem, desde cristais pontuais até cristais com dimensões milimétricas. Tal relação evidencia sua idade mais nova. O mesmo fenômeno é observado nas bordas dos piroxênios. (Microfotografias 4, 8, 13).

Nos anfibólitos a associação com a biotita se faz principalmente nas bordas, também com formas de corrosão, mas não tão bem desenvolvidas como nos piroxênios, o que indica ser a biotita mais nova que os anfibólitos (Microfotografias 8, 12, 13).

A biotita pode ter em seu interior halos pleocrômicos, originados provavelmente por fenômenos de radiação a partir dos microcristais de zircão ou ainda titanita. Apresenta-se um pouco alterada, e quando isto acontece as bordas são cloritizadas.

Microfotografia 13 - Contato de corrosão entre piroxênio e anfíbólio (cor verde) sendo que ambos mostram início de substituição por biotita. Nicóis X, aumento 32 x.

Microfotografia 14 - Sienito na qual se observa que a biotita acompanha a estrutura fluidal. Nicóis X, aumento 25 x.

Os minerais acima descritos formam normalmente os componentes essenciais da rocha, com algumas excessões, como por exemplo quando da ausência dos anfibólios, ou quando a porcentagem volumétrica não atinge o percentual que justifique sua classificação como mineral essencial.

Segue abaixo uma descrição sucinta dos minerais acessórios:

- Oligoclásio

Normalmente ocorrem sob a forma de restos, nas proximidades ou mesmo dentro dos cristais de ortoclásio. A granulação é extremamente fina, com formas anhedrais, sendo que, pelas formas de corrosão são nitidamente englobados pelos feldspatos potássicos.

De acordo com os ângulos de extinção, em geminados lei da Albita, o oligoclásio possui teor médio de 22,5% de anortita.

É freqüente a ocorrência de mirmequita, resultante do intercrescimento de quartzo no oligoclásio, formando textura típica.

A sericita e a calcita são os principais produtos de alteração destes plagioclásios.

- Quartzo

Ocorre sob a forma de pequenos cristais isolados e/ou agregados, quase sempre associados ao plagioclásio ou intercrescidos neste sob a forma de mirmequita, entre os cristais maiores de ortoclásio. Suas formas são totalmente irregulares, e mostram extinção fracamente ondulante, provavelmente devido aos esforços de penetração do material magmático.

O quartzo ocorre somente na parte interna do maciço sienítico.

- Apatita, Titanita e Zircão

São acessórios que ocorrem normalmente isolados ou ainda como inclusões nos minerais essenciais. A distribuição é homogênea na rocha, não existindo uma associação preferencial destes minerais à exceção da titanita, que normalmente ocorre junto aos anfibólios ou piroxênios. A apatita e o zircão, em grãos isolados, ostentam formas arredondadas, anhedrais com pouca variação de tamanhos, sendo que as bordas do zircão normalmente são de coloração escura. A titanita já apresenta uma variação maior de tamanhos, formando cristais anhedrais e subhedrais com formas lozangulares basais mais ou menos desenvolvidas, ocorrendo de preferência na zona externa do maciço sienítico (tabelas 1 e 2).

- Opacos

Com formas anhedrais e subhedrais de granulação fina os opacos normalmente ocorrem associados a outros máficos constituintes do sienito, raramente em grãos isolados dentro ou entre cristais de feldspato potássico. Quando semi decompostos e evidenciam infiltração de hidróxido de ferro em minerais circunvizinhos. A partir de teste com imã no pó da rocha, foi identificado o mineral magnetita.

- Nefelina

Detectado num único afloramento (A-115). Apresenta baixa birrefringência, uniaxial negativo, cristais anhedrais com bordas irregulares. Associada à nefelina, quando não isolada (Microfotografia 15), ocorre uma "massa" fibrosa, aparentemente mal cristalizada e acicular, birrefringência um pouco maior que os feldspatos potássicos e não identificável ao microscópio. A nefelina e a "massa" sempre ocorrem entre os cristais de ortoclásio.

Para confirmar a ocorrência de nefelina no sienito, foram confeccionadas mais duas seções delgadas, a partir de rochas de pontos distintos nas imediações do mesmo afloramento.

Microfotografia 15 - Nefelina (no centro) associada à ortoclásio, apatita e aegirina-augita. Nicóis X, aumento 32 x.

V.4.3 - Xenólitos que Ocorrem no Maciço Sienítico

V.4.3.1 - Descrição Macroscópica

Dois tipos de xenólitos foram observados no maciço, sendo um do tipo "schlieren" com contatos mais ou menos difusos, rico de biotita, com sucessivo empobrecimento deste mineral à medida que se afasta do centro do "xenólito". (Fotografia 4) O outro tipo tem contatos muito bem definidos, essencialmente composto por piroxênios sendo que os tabletes de ortoclásio do sienito acompanham o contorno externo do "xenólito".

V.4.3.2 - Descrição Microscópica

Microscopicamente os "xenólitos" do tipo "schlieren" são de estrutura maciça, textura hipidiomórfica, equigranular fina a média, composta essencialmente de plagioclásio, biotita e opacos (ou espinélio). Aparentemente são produtos de recristalização. Foram estudados os xenólitos dos afloramentos A-171 e

A-260. (Microfotografia 16).

Microfotografia 16 - Afloramento A-171. "Xenólito" do tipo "schlieren" composto de plagioclásio, biotita e espinélio (grãos pequenos, extintos). Nicóis x, aumento 25 x.

- Plagioclásio

Grãos equigranulares, euhedrais e subhedrais, ostentando geminação albita e periclina muito bem desenvolvidas. O teor de 42% em anortita, determinado pelo ângulo de extinção em indivíduos geminados, revela que se trata de andesina. Estão levemente alterados para sericita e mostram pequenas inclusões de biotita e opacos.

- Biotita

Também formam grãos equigranulares sem direção definida, euhedrais a subhedrais. O pleocroísmo é branco amarelado-marrom avermelhado. Os contatos da biotita com os plagioclásios e opacos são por justaposição, com exceção das finas inclusões nos plagioclásios. As biotitas estão levemente cloritizadas nas bor-

das.

- Opacos

São cristais anhedrais de contornos irregulares, de granulação pouco inferior aos acima citados. Ocorrem normalmente entre os plagioclásios e a biotita com distribuição homogênea. Na amostra do afloramento A-171 em lugar de magnetita ocorre espinélio verde, com granulação também inferior em relação à biotita e andesina (Microfotografia 16). Trata-se provavelmente de hercinita. Ocorre numa proporção maior no centro do xenólito, sendo que na região do contato sua ausência é quase total.

- Acessórios

Acessoriamente os xenólitos ostentam cristais finíssimos de apatita, titanita e zircão. Todos anhedrais e ocorrem homogeneamente na rocha entre os minerais essenciais.

O segundo tipo de "xenólito" com contatos muito bem definidos com as rochas sieníticas é de estrutura maciça, equigranular de granulação média a grossa, subhedrais e anhedrais, composto quase que exclusivamente por piroxênios (aegirina-augita). Aparentemente este tipo de xenólito é representado por uma textura de acumulação de aegirina-augita e praticamente todos ocorrem justapostos, não apresentando nenhuma orientação preferencial. (Microfotografias 17 e 18). Acessoriamente observa-se cristais menores representados, em ordem decrescente, por apatita, titanita, biotita e ortoclásio. Todos estes ocorrem entre os cristais de piroxênios com excessão da biotita que em alguns casos parece substituir o piroxênio. Microscopicamente neste tipo de xenólito também se observa o amoldamento dos ortoclásios ao contorno externo ovalado.

V.4.4 - Diques Pegmatíticos no Maciço da Pedra Branca

V.4.4.1 - Descrição Macroscópica

Microfotografia 17 - "Xenólito" composto quase que exclusivamente por aegirina-augita. Nicóis X, aumento 25 x.

Microfotografia 18 - Detalhe da microfotografia 14, mostrando textura adcumulática dos piroxênios. Nicóis X, aumento 32 x.

Tratam-se de rochas maciças, com textura granular grossa a muito grossa, compostos essencialmente de feldspato potássico, quartzo e piroxênio. Nos contatos, devido ao resfriamento rápido a granulação é bem mais fina que nas partes centrais.

Estes diques devem estar associados à fase final de cristalização dos sienitos, fase esta normalmente rica em soluções voláteis.

V.4.4.2 - Descrição Microscópica

A estrutura e a textura ao microscópio são idênticas às descritas macroscopicamente. Quanto à mineralogia são observadas as mesmas associações do corpo de sienito, em sua parte interna, ou seja, na zona supersaturada. A única diferença realmente marcante é a granulação e a porcentagem maior em quartzo.

- Ortoclásio

Apresenta as mesmas características dos feldspatos da zona interna do maciço, isto é: o mesmo tipo de geminação; intercrescimento peritítico apresentando também, as finíssimas inclusões sob a forma de "agulhas" e "pingos".

- Quartzo

É de ocorrência bastante superior aos sienitos supersaturados (15 a 20%), com bordas irregulares, anhedrais, com extinção fracamente ondulante. Ocorre entre os cristais de ortoclásio e sempre associado a oligoclásio ou intercrescido com este, sob a forma de mirmequita.

- Diopsídio

Também de ocorrência semelhante aos sienitos da zona interna, sem orientação nenhuma, sendo substituído por horn

blenda e biotita.

- Acessórios

Como acessórios tem-se; hornblenda, biotita, opacos, titanita e apatita com todas as características de ocorrência semelhantes à zona interna supersaturada do maciço sienítico.

V.5 - Rochas Sedimentares

V.5.1 - Descrição Macroscópica

Como já descrito no capítulo da geologia local, as rochas desta unidade são compostas essencialmente por arenitos, constituídos por grãos de quartzo na sua maioria numa matriz bastante alterada de composição quartzo feldspática. A rocha quando se apresenta coloração acinzentada, variável quando decomposta, passando de cores esbranquiçadas até amareladas. Apresenta uma granulação muito fina. Sua estrutura é maciça, sendo que o intemperismo superficial destaca, na mesma, as feições do acamamento original.

V.5.2 - Descrição Microscópica

Os arenitos são essencialmente constituídos por grãos de quartzo, granulação muito fina, medianamente selecionados, angulosos com baixa esfericidade, sem orientação nítida. A granulometria está compreendida dentro da classe areia fina. Não se observam minerais máficos mas somente opacos, totalmente sem forma, preenchendo algumas fraturas. Ocorrem raros grãos de zircão com distribuição caótica na rocha. A matriz é constituída por um material argiloso, provavelmente gerado da alteração de feldspatos, e contém fragmentos diminutos de quartzo. A rocha apresenta textura reliquiar de um provável arenito fino, sendo que devido às características micro e macroscópicas observadas, bem como à sua localização no campo, junto ao contato com

as intrusivas do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, parece ter sofrido um metamorfismo de contato de baixo grau.

V.6 - Rochas do Maciço Alcalino de Poços de Caldas

Será feita uma descrição resumida das litologias que compõem o Maciço Alcalino de Poços de Caldas na área mapeada, já que não foi feita petrografia de detalhe.

V.6.1 - Tinguaitos

V.6.1.1 - Descrição Macroscópica

Trata-se de rochas maciças, afaníticas e subafaníticas, mesocráticas, com aspectos porfiríticos caracterizada através de feno cristais de feldspato potássico e/ou piroxênio dispersos em massa afanítica. A coloração dos tinguitos é preta esverdeada. Quando alterados os tinguitos mostram diversos estágios de bauxitização. A Norte de Andradas estas rochas apresentam uma ligeira estrutura fluidal lembrando lavas consolidadas, do que se infere tratar-se provavelmente de fonólitos.

V.6.1.2 - Descrição Microscópica

Microscopicamente os tinguitos confirmam sua estrutura porfirítica podendo apresentar fenocristais euhedrais de sanidina e aegirina ou somente fenocristais de sanidina ou ainda somente fenocristais de aegirina. Estes cristais, às vezes mostram-se zonados com núcleos menos sódicos. A matriz dos fenocristais é extremamente fina composta por pequenos cristais de sanidina e pequenos prismas de aegirina. A disposição radial dos minerais na massa às vezes é observada tanto por parte dos feldspatos como dos piroxênios. Acessoriamente ocorrem opacos (provavelmente magnetita), nefelina e aegirina-augita. Os opacos quase sempre estão associados aos piroxênios. A nefelina e aegirina tem distribuição caótica na rocha.

V.6.2 - Nefelina Sienitos

V.6.2.1 - Descrição Macroscópica

Apresentam-se com coloração cinza claro a escuro e após sofrerem alteração exibem uma crosta esbranquiçada de provável composição bauxítica. A estrutura é maciça. A textura é equigranular com granulação fina, portando raros cristais de feldspato potássico de granulação média. Fica difícil a identificação de outros minerais.

V.6.2.2 - Descrição Microscópica

São rochas de estrutura e textura maciças constituídas essencialmente de sanidina que se apresenta sob a forma de cristais alongados, raramente exibindo geminação Carlsbad. Como minerais essenciais ainda temos: nefelina, tanto com formas anhedrais como subhedrais, associadas por justaposição ou dentro dos cristais de sanidina; analcita, que ostenta granulação variável, em cristais que devido a sua forma cristalográfica, no passado, possivelmente formaram cristais de nefelina; aegirina, com cristais irregulares a regulares, prismáticos, com granulação variável, regularmente distribuídos na rocha, sem associação ou orientação preferencial. A magnetita e a calcita ocorrem acessoriamente sendo o primeiro normalmente associado à aegirina, com alguns grãos parcialmente limonitizados. A calcita ocorre em forma muito irregular, geralmente associada ou inclusa na sanidina.

V.6.3 - Bostonitos

V.6.3.1 - Descrição Macroscópica

De uma maneira geral estas rochas se apresentam semi decompostas a totalmente decompostas com coloração cinza amarelada, granulação muito fina a afanítica, pigmentadas por minúsculas pontuações em sua maioria esbranquiçadas, o que lhes confere à primeira vista o aspecto de um arenito arcossiano fi-

no, cimentado. Nas partes mais alteradas, a rocha se apresenta com uma camada amarelo esbranquiçada, de aspecto poroso, sem quartzo. Em vista do posicionamento de campo e das observações aci-ma, tratar-se-ia de uma rocha alcalina efusiva. Embora a estrutura seja maciça o cerrado sistema de fraturas, em alguns afloramentos, confere à rocha um aspecto brechoide, muito bem ressaltado pelo intemperismo. Não é possível a identificação macroscópica de qualquer constituinte mineral.

V.6.3.2 - Descrição Microscópica

Trata-se de rochas essencialmente constituídas por sanidina, em cristais totalmente irregulares e intercrescidos, sem orientação determinada. Em certas partes da rocha os cristais exibem crescimento radiado, aparentando glóbulos. O sistema de microfraturas acha-se preenchido por material limonítico resultante da decomposição de opacos que ocorrem dispersos na rocha como mineral acessório. Raros são pequenos cristais de aegirina, totalmente decompostos e zircão.

VI - GEOCRONOLOGIA

Os estudos geocronológicos foram efetuados através da utilização dos métodos K-Ar e Rb-Sr. Pelo método K-Ar foram feitas três determinações em minerais isolados de uma mesma amostra e treze determinações através do emprego do método Rb-Sr, selecionadas das vinte e sete amostras submetidas a análise semiquantitativa prévia de Rb e Sr. Os dados analíticos podem ser observados respectivamente nas tabelas 3 e 4. A localização das amostras datadas são indicadas no mapa de pontos geológicos estudados em anexo.

Na determinação K-Ar foram analisadas individualmente a hornblenda, biotita e ortoclásio por serem favoráveis à retenção de argônio. Os resultados devem ser interpretados como valores mínimos indicativos da época de resfriamento regional para cada mineral analisado e "fechamento do retículo cristalino do mineral". Deve ser ressaltado que mesmo à temperatura ambiente ainda ocorre o escape de argônio nos ortoclásios.

Pelo método Rb-Sr foram analisadas em rocha total, cinco amostras de granito, sete amostras de sienito e uma amostra de tinguaitos do Maciço Alcalino de Poços de Caldas. A discussão dos resultados através deste método só foi possível para as rochas graníticas mediante interpretação do gráfico isocrônico Rb^{87}/Sr^{86} em relação a Sr^{87}/Sr^{86} . Os sienitos mostraram-se desfavoráveis ao método pelo alto teor em Sr (2185 até 3945 ppm) em relação ao Rb (no máximo 197 ppm). O mesmo fenômeno ocorre com os tinguaitos.

O objetivo das análises K-Ar foi o de determinar a real idade de resfriamento dos minerais brasileiros, verificar se houve fenômenos de metassomatismo por fenitização e abertura do sistema para o escape de argônio durante a intrusão do Maciço Alcalino de Poços de Caldas além de "checar" os dados Rb/Sr.

Nas determinações Rb/Sr em rocha total o objetivo foi o de determinar a idade de formação das rochas, já que

se trata de rochas ígneas. Entretanto a proporção Rb-Sr desfavorável, impediu a obtenção de resultados representativos para as rochas sieníticas.

Lamentavelmente os dados geocronológicos são em número bastante reduzido devido à sobrecarga do Centro de Pesquisas Geocronológicas quando da execução das análises aqui apresentadas.

VI.1 - Método K-Ar

Nas três determinações realizadas a partir de rochas do afloramento Cd-125 (tabela 3), correlacionáveis à idade de resfriamento desses minerais, é curiosa a diferença de idade apresentada pela hornblenda, de $899,09 \pm 76,83$ m.a. em relação à da biotita; $631,38 \pm 18,05$ m.a. e ortoclásio; $583,51 \pm 32,39$ m.a.. Se se considerar suas origens por cristalização magmática, mesmo sabendo-se que a diferença de temperatura para a retenção de argônio dos anfibólios em relação as biotitas é de 250° . O intervalo de 174 a 352 m.a. entre a cristalização do anfibólio e da biotita pode indicar que a hornblenda pertenceria a um evento tectônico pré-Brasiliano, guardando parcialmente seu argônio. A se confirmar a premissa o sienito seria produto de fusão parcial de rochas pré-existentes.

Poderíamos supor também, uma possível cristalização magmática a partir de um "mush" de cristais formados em grandes profundidades, com uma grande diferença de tempo entre a cristalização da hornblenda e a biotita. A última hipótese parece ser mais viável apesar de se desconhecer qualquer dado bibliográfico sobre fenômenos semelhantes.

As idades reveladas pela biotita e o ortoclásio indicam que são perfeitamente vinculáveis aos eventos do Ciclo Brasileiro.

É necessário ressaltar que o número de análises feitas é muito pequeno para realmente informar sobre as épocas de resfriamento destes sienitos. Para o esclarecimento definiti-

TABELA 3 - RESULTADOS DAS DETERMINAÇÕES K-Ar

Nº Laboratório SPK	Nº de Campo	Material	Rocha	Idade (Milhões de anos)
3513	Cd - 125 ₃	Anfibólio	Hornblenda Sienito	899,09 ± 76,83
3514	Cd - 125 ₃	Feldspato Potássico	Hornblenda Sienito	583,51 ± 32,39
3526	Cd - 125 ₃	Biotita	Hornblenda Sienito	631,38 ± 18,05

vo da questão, torna-se indispensável no futuro, um maior número de dados K-Ar uma vez que o método Rb/Sr é totalmente desfavorável. Não obstante, os dados de campo, estruturais e petrográficos realmente indicam serem os sienitos intrusivos em granitos de idade Brasileira.

As idades aparentes da biotita e ortoclásio, guardariam relação com várias gerações de granitoides constituintes do Grupo Pinhal (Wernick e Penalva, 1980). Os dados K-Ar da biotita e ortoclásio dos sienitos também entram em concordância com trabalhos realizados no Sistema de Dobramentos Ribeira e Zona Cristalina Norte de São Paulo (Cordani e Bittencourt, 1967; Ebert e Brochini, 1968; Vandomos e Franco, 1969; Cordani e Kawashita, 1971; Hasui e Hama, 1972; Cordani et al., 1973 e 1974; Wernick et al., 1976b; Wernick e Penalva, 1978).

VI.2 - Método Rb/Sr

Dado que os sienitos e tinguaítos mostraram desfavorabilidade ao método pelo alto teor em Sr em relação ao Rb, foi possível obter uma isócrona somente a partir das rochas graníticas. As idades convencionais Rb-Sr destes granitos são encontradas na tabela 4, todas calculadas, empregando-se a razão inicial de 0,7080 o que implica considerarmos estes granitos vinculados entre si, a partir de um mesmo processo genético ou fonte magmática.

A figura 5 mostra a isócrona obtida em amostras de granitos equigranulares, representados pelos afloramentos A-106 (amostras a,b,e), A-164 (amostra c) e uma amostra de granito porfiróide representada pelo afloramento A-92. As localizações dos afloramentos encontram-se, no mapa de pontos anexo.

A isócrona de referência da figura 5, por seu pequeno desvio padrão, indica uma homogeneização isotópica ocorrida a 570 ± 6 m.a., característica da fase final do Ciclo Brasileiro, como já descrito anteriormente no método K-Ar. Pela razão inicial Sr^{87}/Sr^{86} de 0,711, relativamente alta, pode-se sugerir que o material granítico resultou de processos de remobilização

TABELA 4 - VALORES DE RAZÃO INICIAL PARA ROCHAS DA ÁREA DA PEDRA BRANCA

Nº de Campo	Material	Rocha	Nº Lab (SPR)	Rb Total (ppm)	Sr Total (ppm)	$Sr^{87}/Sr^{86} \pm 15\%$	$Rb^{87}/Sr^{86} \pm 3\%$	Y_0 Admitido=	Idade Convencional
A-92	Rocha Total	Granito Porfiróide	1861	152,0	496,5	0,7190	0,9800	0,7080	838,4 $\pm$ 163 m.a
A-106 _a	Rocha Total	Granito	1863	247,3	211,9	0,7403	3,3900	0,7080	646,0 $\pm$ 45,2 m.a
A-164 _c	Rocha Total	Granito	1862	348,8	61,5	0,8505	16,6500	0,7080	579,7 $\pm$ 14,5 m.a
A-106 _b	Rocha Total	Granito	1864	210,6	248,5	0,7291	2,1500	0,7080	666,5 $\pm$ 66,7 m.a
A-106 _e	Rocha Total	Granito	1865	226,5	225,4	0,7356	2,9200	0,7080	639,9 $\pm$ 49,0 m.a
A-238	Rocha Total	Tinguaito	1866	156,4	1717,5	0,7070	0,2600	0,7050	
Cd-125 _c	Rocha Total	Sienito	1869	185,8	2440,0	0,7105	0,2201	0,7070	
Cd-125 _b	Rocha Total	Sienito	1868	143,2	3945,0	0,7081	0,1051	0,7070	
A-260 _a	Rocha Total	Sienito	1867	154,2	2463,0	0,7098	0,1810	0,7070	
A-260 _b	Rocha Total	Sienito	2068	186,2	2378,6	0,7091	0,2270	0,7070	
A-291 _d	Rocha Total	Sienito	2069	197,1	2569,3	0,7082	0,2220	0,7070	
Cd-125 _e	Rocha Total	Sienito	2070	177,4	2185,2	0,7090	0,2350	0,7070	
Cd-125 _e	Rocha Total	Sienito	2067	146,0	3737,3	0,7087	0,1100	0,7070	

Figura - 5

e refusão da crosta, (Wernick e Gomes, 1977). A amostra A-92 representando um granito porfiróide, que, por suas relações de campo, é nitidamente anterior aos granitos equigranulares, tem idade convencional de $838,4 \pm 163$ m.a., tratando-se pois, de uma fase precoce do Ciclo Brasileiro. A relativa frequência de idades K-Ar entre 750 e 850 m.a. (Wernick, comunicação verbal), abre a possibilidade de que o Ciclo Brasileiro seja caracterizado por dois importantes eventos tectônicos, respectivamente com idades entre 850 e 750 m.a. e 650 m.a., à semelhança do Ciclo Pan-Africano.

Devido ao alto teor em Sr nas rochas sieníticas (tabela 4), os pontos lançados na figura 6 se situam próximos à origem, ficando a razão Sr^{87}/Sr^{86} de cada amostra muito próxima à razão inicial. Por serem muito ricas em Sr, a distribuição Rb^{87}/Sr^{86} também varia pouco e com valores extremamente baixos.

Poderia se supor que as rochas sieníticas são produto de diferenciação das rochas graníticas com grande enriquecimento em Sr.

Na mesma figura 6 foi lançada a amostra A-238, representativa dos tinguaitos do Maciço Alcalino de Poços de Caldas. Como pode ser observado, apesar de toda a heterogeneidade na distribuição dos sienitos, não há aparentemente qualquer relação temporal entre os tinguaitos e as rochas sieníticas da Pedra Branca.

Figura - 6

VII - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

VII.1 - Evolução Geológica Local

Com base no conteúdo dos capítulos anteriores, tentaremos aqui uma breve síntese da evolução cronogeológica da área de Caldas, Santa Rita de Caldas, Ibitiúra de Minas e Andradás, conforme segue:

1) Formação de metassedimentos e meta ígneas do Complexo Silvianópolis e/ou Grupo Amparo, correlacionáveis ao Ciclo Jequiê ou Ciclo Transamazônico.

2) Injeção de material granítico nas litologias acima citadas formando migmatitos e concomitantemente a formação de granitos porfiróides cuja idade convencional Rb/Sr é de $838,4 \pm 163$ m.a., portanto, correlacionáveis ao primeiro evento do Ciclo Brasileiro. Na área mapeada os granitos porfiróides ostentam distribuição circular.

3) Intrusão de granitos equigranulares cortando granitos porfiróides, com idade determinada através de isócrona de referência Rb/Sr de 570 ± 6 m.a., referível à fase pós-tectônica do Ciclo Brasileiro. Estes granitos, na área mapeada também ocorrem com distribuição circular.

4) Intrusão de forma superficialmente circular, com 15 km de diâmetro, com paredes externas compondo um corpo cônico invertido, composto de sienitos ostentando estrutura planar de fluxo acompanhando a forma circular. Também é de idade Brasileira, revelada através de idades K/Ar de biotita e ortoclásio ; $631,4 \pm 18$ e $583,5 \pm 32,4$ m.a. respectivamente. Estes sienitos apresentam-se zonados sendo a parte externa do maciço saturada a insaturada e saturada a supersaturada em SiO_2 na parte central fenômeno atribuível a uma possível cristalização por segregação magmática.

5) Sedimentação de arenitos correlacionáveis ao Grupo Tubarão de idade Permo-carbonífera.

6) Formação, no Cretáceo Superior, do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, de contorno circular. Abatimento e recobrimento da parte ocidental do Maciço da Pedra Branca e granitos encaixantes por rochas vulcânicas alcalinas.

VII.2 - Os Sienitos do Maciço da Pedra Branca

Discutem-se aqui os argumentos que indicam uma origem magmática dos sienitos antes que por fenitização, como até então postulado:

1) Os contatos externos do maciço sienítico são bruscos por efeito de penetração forçada, originando uma estrutura planar de fluxo, muito bem desenvolvida, que acompanha este contato, circular, externo. Em caso de fenitização este contato seria transicional.

2) As sucessivas substituições de piroxênios por anfíbólios e destes por biotita, que ocorrem nestes sienitos, mais uma vez evidenciam uma cristalização magmática normal. No caso de fenitização a cristalização metassomática seria totalmente oposta à mostrada pelos sienitos da Pedra Branca, isto é, teríamos a substituição da biotita por hornblenda e ambos seriam substituídos por piroxênios (alcalinos).

3) O zoneamento apresentado pelo maciço, com suas partes externas saturadas a insaturadas e saturadas a supersaturadas com até 6% em SiO_2 livre na sua parte interna, (contato com o Maciço Alcalino de Poços de Caldas) evidenciam mais uma vez uma cristalização magmática para o referido maciço. Este zoneamento parece ocorrer sob a forma de transição gradual. No caso de fenitização, o zoneamento mineralógico seria inverso ao acima apresentado; haveria uma forte dessilicificação na região do contato com o maciço alcalino, com o conseqüente enriquecimento em SiO_2 à medida que se afasta deste contato.

4) A presença de "schlieren" e segregações no Maciço da Pedra Branca, denota cristalização magmática.

5) Embora em número muito reduzido, as análises K/Ar efetuadas em anfibólio, biotita e ortoclásio, indicam uma cristalização de idade Brasileira apesar da idade um pouco elevada do anfibólio; com certeza o sistema não estava aberto para o argônio, quando da intrusão do Maciço Alcalino de Poços de Caldas.

6) Quanto à litologia o Maciço Sienítico da Pedra Branca apresenta composições semelhantes à rocha lamboanítica (gnaisse sienítico) de Piqueri, no Rio Grande do Sul, descrita por Picada (1966); ao sienito gnaisse da serra de Itiuba, no interior da Bahia, mencionado por Pedreira (1978), aos sienitos de S. Gonçalo, PA (Vandoros e Coutinho, 1966), e ao maciço sienítico ao Norte de Caldas, MG descrito por Wernick (1975). Salvo para a rocha de Piqueri as demais tem origem magmática reconhecida.

VIII - AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José Moacyr Vianna Coutinho, do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pela orientação desta dissertação e assistência durante o Curso de Pós-Graduação;

Ao Professor Doutor Heinz Ebert, pela orientação da fase inicial, por ter acompanhado através de críticas e sugestões a elaboração deste trabalho e pelo interesse que despertou em mim pela carreira científica;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de Bolsas de Iniciação Científica (Proc. 386/73) e Pós-Graduação (Proc. 14687/74), que tornaram possível a realização do presente trabalho;

Ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), pela ajuda prestada por ocasião dos trabalhos de campo do Trabalho de Formatura de 1974, em convênio com a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro;

Ao Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo, nas pessoas do Professor Doutor Umberto G. Cordani e Professor Doutor Koji Kawashita, pela colaboração e orientação prestadas durante as análises radiométricas;

Aos Professores: Doutor Asit Choudhuri, Doutor Ebehard Wernick e Alberto Pío Fiori, do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Júlio de Mesquita Filho (UNESP) - Campus de Rio Claro; Doutor Jorge Silva Bettencourt da Mineração Oriente Novo S.A. e Doutor Paulo Cesar Soares, consultor da Paulipetro S.A. e Mineropar S.A., que contribuíram na elaboração do presente trabalho, através de sugestões, críticas e debates;

Ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas, da Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), que me proporcionou o ambiente necessário para o desenvolvimento das mi

nhas atividades didáticas e de Pesquisa;

Ao Engenheiro Luis Vilar de Carvalho, Diretor da Companhia de Cimento Portland Rio Branco (PR), que me concedeu horas preciosas do expediente normal de trabalho, sem o qual seria impossível a realização do presente trabalho;

Ao Senhor Carlos Alberto de Oliveira, pelo excelente serviço de desenho;

A Senhora Claudete Salinas Franzosi, pelo prestimoso serviço de datilografia;

A todos que direta ou indiretamente, participaram na execução desta dissertação;

Meu muito obrigado.

IX - BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. In "Geologia do Estado de São Paulo". São Paulo. Secretaria da Agricultura, I.G.G. Bol. nº 41, pp. 169-263.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. e NEVES, B.B.B. - 1976 - The upper precambrian of South America. Bol. I.G.U.S.P., Vol.7, pp.45-80.
- AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. e REYNOLDS, J.H.- 1966- Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. Geoch. et Cosm. Acta, Vol.30, pp. 159-189. Oxford.
- ARTUR, A.C. - 1980 - Rochas Metamórficas dos arredores de Itapira-SP. IGUSP. Dissertação de Mestrado. 193 pp. (inédita).
- ARTUR, A.C.; WERNICK, E. e KAWASHITA, K. - 1979 - Dobramentos Superimpostos na Região de Itapira (SP): Caracterização e cronologia. Atas do II Simpósio Regional de Geol. (Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo), Vol.1, pp. 59-70.
- BJÖRNBERG, A.J.S. - 1959 - Rochas clásticas do Planalto de Poços de Caldas. Fac.Fil.Ciênc.Letras, USP. Bol.237 (Geologia 18). pp.65-122.
- BROGER, W.C. - 1920 - Die Eruptivgesteine des Kristianagebietes IV: Das Fenegebiet in Telemark, Norwegen. Videnskapsselskapets Skrifter, I (Mat. Naturv.) Klasse, 1920, 9. XII 408 pp.
- CHOUDHURI, A.; EBERT, H.; WINTERS, A.A.M. - 1978 - Os metassedimentos e paragneisses da região norte de Pouso Alegre, Sul de Minas Gerais. An. XXX Congr.Bras.Geol., Recife pp.69-82.
- CHOUDHURI, A.; FIORI, A.P.; WINTERS, A.A.M.; BETTENCOURT, J.S. e RODRIGUES, J.E. - 1978 - A note on small bodies of eclogite as inclusions in high grade gneisses, North of Pouso Alegre, Minas Gerais. Rev.Bras.Geociênc.Vol.8,nº 1, pp. 63-68.
- CHRISTOFOLETTI, A. - 1970 - Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas. Tese de Livre-Docência. FFCL - Rio Claro.

- CLOOS, H. - 1923 - Das Batholithenproblem. Fortschr. Geol. und Pal., Helf 1, nº 80.
- CORDANI, U.G. e BITTENCOURT, I. - 1967 - Determinação de idade potássio-argônio em rochas do Grupo Açungui. An. XXI Congr. Bras.Geol. Curitiba. pp. 218-233.
- CORDANI, U.G. e KAWASHITA, K. - 1971 - Estudo geocronológico pelo método Rb-Sr de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. An. XXV Congr.Bras.Geol. São Paulo. pp. 105-110.
- CORDANI, U.G.; DELHAL, J. e LEDENT, D. - 1973 - Orogêneses superposês dans le precambrian du Brésil Sud-Oriental (Étate de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). Rev. Bras.Geociênc . nº 3, Vol. 1, pp. 1-22.
- CORDANI, U.G.; HALPERN, M. e BERENHOLC, M. - 1974 - Comentários sobre as determinações geocronológicas da Folha de Porto Alegre. In "Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folhas Porto Alegre (SH-22) e Lagoa Mirim (Si-22). Texto explicativo", MME-DNPM, Brasília. pp. 70-84.
- COUTINHO, J.M.V. - 1959 - Guia da 1a. Excursão (São Paulo- Poços de Caldas) do XIII Congresso Brasileiro de Geologia, SP Sociedade Brasileira de Geologia, 12pp.
- EBERT, H. - 1968 - Ocorrência de fácies granulíticas no Sul de Minas Gerais e Áreas Adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: Hipótese sobre sua origem. An.Acad.Bras.Ciênc. 40 (Supl.). pp. 215-229.
- EBERT, H. - 1971 - Os paraibides entre São João Del Rey (MG) e Itapira (SP), e a bifurcação entre Paraibides e Araixides . Soc. Bras.Geol. - Núcleo de São Paulo. Bol. Especial nº 1 (Resumo das Comunicações do XXV Congr.Bras.Geol.) pp. 117 - 178.
- EBERT, H. - 1972 - Observações estruturais no contato basal dos sedimentos da bacia do Paranã. Anais XXVI Congr.Bras. Geol. Belém. Vol.1, pp. 153-157.
- EBERT, H. - 1974 - O Grupo Eleutério e a Falha de Jacutinga (Nordeste de São Paulo). Soc.Bras.Geol. Núcleo do Rio Grande do

- Sul. Bol. Especial nº 1 (Resumo das Comunicações do XXVIII Congr.Bras.Geol.) pp. 726-730.
- EBERT, H. e BROCHINI, M.F. - 1968 - Estudos Estratigráficos e Geocronológicos no Escudo Cristalino Brasileiro. *Ciência e Cultura* 20, pp. 621-625.
- ECKERMAN, H. - 1946 - The Alkaline District of Alnð Island. *Sver. Geol. Undersökning*, 36. 176 pp.
- ELLERT, R. - 1959 - Contribuição a geologia do Maciço Alcalino de Poços de Caldas. *Fac.Fil.Ciênc.Letras., USP. Bol.237 (Geologia 18)* 1-63 pp.
- ELLERT, R.; BJÖRNBERG, A.J.S. e COUTINHO, J.M.V. - 1959 - Mapa geológico do Maciço Alcalino de Poços de Caldas. *Dep.Geol. Paleont., Fac.Fil. Ciên. Letras., USP*, 1:75000.
- FIORI, A.P. - 1979 - Geologia da Região de Pouso Alegre - Machado: Análise Estrutural de Dobramentos Superpostos. Tese de Doutorado - IGUSP (inédita). 200 pp.
- FIORI, A.P.; WERNICK, E.; CHOUDHURI, A.; SOARES, P.C. e BETTEN COURT, J.S. - 1980 - Evolução geológica da parte SW do Estado de Minas Gerais. (no prelo).
- FRANCO, R.R. e COUTINHO, J.M.V. - 1957 - Charnockitos e Rochas Associadas no Município de Amparo e Socorro, Estado de São Paulo. *An.Acad.Bras.Ciênc. Vol.28, nº 3*, pp. 303-311.
- GARCIA DE OLIVEIRA, A. - 1974 - Mineralização de urânio e molibdênio no planalto de Poços de Caldas, MG. - *An. do XXVIII - Cong.Bras.Geol., vol.1*, pp. 207-221.
- GOMES, C.B.; COUTINHO, J.M.V. e OLIVEIRA, A.B. - 1966 - Pargassita em Dolomitos Metamórficos do Município de Tapiratiba, SP. *An.Acad.Bras.Ciênc. Vol. 38*, pp. 39-46.
- GOMES, C.B.; RUBERTI, E. e WERNICK, E. - 1976 - Caracterização química de feldspatos de rochas graníticas. *An. Acad.Bras. Ciênc., Vol.48. nº 3*. pp. 445-452.
- GUERRA, A.T. - 1969 - Dicionário geológico-geomorfológico-Fundação IBGE, 439 pp.

- GUIMARÃES, D. - 1947 - Origem das rochas alcalinas - Int. Tecn. Ind. MG. Bol.5, pp. 1-104.
- HAMA, M. e CUNHA, H.C.S. - 1977 - Considerações sobre a idade radiométrica da Formação Pouso Alegre e dos granitos pós-cambrianos da região Sul do Estado de Minas Gerais e Nordeste do Estado de São Paulo. Atas do I Simpósio de Geol.Regional (Soc.Bras.Geol. - Núcleo de São Paulo) pp. 48-58.
- HASUI, Y. e HAMA, M. - 1972 - Geocronologia do Grupo São Roque pelo método potássio-argônio. Rev. Bras. Geociênc. Vol.2,nº 1. pp. 8-24.
- HEINRICH, E.W. - 1965 - Microscopic Identification of Minerals. McGraw-Hill Book Company (New York). 414 pp.
- LEONARDOS, Jr, O.H.; DUNHAM, A.C.; PIRES, F.R.M. e FORMAM, J. M. A. - 1971 - Nota sobre a Formação Pouso Alegre, An. Acad. Bras. Ciênc. Vol. 43 (e): 131-134.
- LOCZY, L. e LADEIRA, E.A. - 1976 - Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica. Editora Edgar Blücher Ltda. 528 pp.
- MEHNERT, K.R. - 1968 - Migmatites and the origin of granitic rocks. Elsevier Pub. Comp., New York, 325 pp.
- OLIVEIRA, M.A.F. de - 1973 - Petrologia das Rochas Metamórficas da Região de São José do Rio Pardo (SP). Rev. Bras.Geociên. Vol.3 nº 2, pp. 257-278.
- OLIVEIRA, M.A.F.de e ALVES, F.R. - 1974 - Geologia e Petrografia da Região de Caconde (SP). Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Porto Alegre, Vol.5, pp. 133-143.
- OLIVEIRA, M.A.F. de e ALVES, F.R. - Wollastonita em Associações Cálcidas da Fácies Granulito, Caconde, SP. Rev. Bras. Geo - ciênc. Vol.6 nº 1, pp. 43-52.

- OLIVEIRA, M.A.F. de e HYPÓLITO, R. - 1973 - Rochas Calco-silicáticas da Região de São José do Rio Pardo, SP. An. XXVII Congr. Bras. Geol., Vol. 1, pp. 193-200, Aracaju.
- PENALVA, F. e WERNICK, E. - 1973a - Feições estruturais de migmatitos ao Norte e Sul da Falha de Jacutinga, Leste do Estado de São Paulo. Ciência e Cultura, 25: 183.
- PENALVA, F. e WERNICK, E. - 1973b - Compartimentação tectônica em parte do Pré-Cambriano Paulista. Soc. Bras. Geol. - Núcleo da Bahia. Boletim Especial nº 1 (Resumo das Comunicações do XXVII Congr. Bras. Geol.), Aracaju. pp. 128-129.
- PEDREIRA, A. - 1978 - Roteiro das excursões do XXX Congr. Bras. Geol. p. 22 - Recife - SBG - Núcleo Nordeste.
- PICADA, R.S. - 1966 - Sobre a ocorrência de rochas lamboaníticas no Complexo Encruzilhada, R.G.S. - Escola de Geologia UFRGS. Notas e Estudos, vol. 1, nº 2. pp. 9-13.
- PIRES; F.R.M.; LEONARDOS Jr, O.H. e PARENTI COUTO, J.G. - 1970 - Gonditos na Região de Pouso Alegre (MG). Min. e Met. 52 (312), pp. 237-239.
- RODRIGUES, J.E. - 1976 - O falhamento transcorrente de Jacutinga. - Dissertação de Mestrado - IGUSP (inédita). 44p.
- SOARES, P.C. (Coordenador) - 1976 - Projeto Caldas II. Convênio FFCL - DNPM. Relatório. Depto. Geociênc. Rio Claro.
- SOARES, P.C. e FIORI, A.P. - 1976 - Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Not. Geomorf. Campinas. Vol. 16, nº 32. pp. 71-104.
- TORQUATO, J.R. - 1974 - Geologia do SW de Moçamedes e suas relações com a evolução tectônica da Angola. Tese de Doutorado - IGUSP - (inédita). 234 pp.
- ULBRICH, H.H.G.J.; ULBRICH, M.N. e BAGNOLI, E. - 1978 - Estrutura e petrografia do lujauro de Poços de Caldas, MG - XXX Cong.

Bras.Geol. Res.Com. pp. 92.

VANDOROS, P. e COUTINHO, J.M.V. - 1966 - Estudo geológico e geocronológico da área de São Gonçalo, Paraíba. Bol. SBG. v.15, nº 4. pp. 15-26.

VANDOROS, P. e FRANCO, R.R. - 1969 - Determinação de idade de granitos da região de Mogi das Cruzes, São Paulo, pelos métodos K-Ar e Rb-Sr- An.Acad.Bras.Ciênc. Vol. 38, nº 2. pp. 289 - 292.

WERNICK, E.- 1967 - A geologia na região de Amparo (Leste do Estado de São Paulo). FFCL - Rio Claro. Tese de Doutorado. - 235 pp.

WERNICK, E. - 1972a - Sobre a Ocorrência de Rochas Calco-Silicatas nas Proximidades de Duas Pontas, Município de Arcadas, Leste do Estado de São Paulo. Ciênc. e Cult., Vol.24 nº 4, pp. 358-367.

WERNICK, E. - 1972b - Granitos Pôrfiros dos Arredores de Serra Negra, Valinhos e Amparo e suas Relações com o Maciço de Morungaba, Leste do Estado de São Paulo. Rev. Bras.Geociênc. - Vol.2 nº 2, pp. 129-138.

WERNICK, E. - 1975 - Projeto Caldas I. Convênio FFCL - DNPM. Relatório. Depto. Geociênc. Rio Claro.

WERNICK, E. - 1977 - (Coordenador) "Projeto Ouro Fino", Convênio FFCL - DNPM. Relatório. Depto. Geociênc. Rio Claro.

WERNICK, E. - 1978a - Contribuição à estratigrafia do Pré-Cambriano do Leste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas. Rev. Bras.Geociênc., Vol. 8, nº 3, pp. 206-216.

WERNICK, E. - 1978b - Contribuição à geologia do Maciço de Guaxupé, SP e MG. An. Acad.Bras.Ciênc. Vol.50, nº 3. pp. 337-352.

WERNICK, E. e ARTUR, A.C. - 1974 - Petrofabric de Migmatitos dos arredores de Amparo, SP. Rev. Bras.Geociênc., Vol. 4, nº 1. pp. 27-39.

WERNICK, E. e FERNANDES, N.A. - 1972 - Triclinicidade de feldspatos potássicos de rochas graníticas do Maciço de Morungaba, SP. An. XXVI Congr. Bras. Geol., Belém. Vol. 1 pp. 51-56.

WERNICK, E. e FIORI, A.P. - 1979 - Contribuição à geologia da borda Sul do Craton de São Francisco. (no prelo).

WERNICK, E. e GOMES, C.B. - 1977 - Geoquímica de maciços graníticos da região do Ribeira. Parte III: considerações petrológicas. An. Acad. Bras. Ciênc. Vol. 49, nº 1. pp. 157-169.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1973 - As relações entre os Grupos Amparo e Itapira (SP). Soc. Bras. Geol. Núcleo da Bahia. Boletim Especial nº 1 (Resumo das comunicações do XXVII Congr. Bras. Geol.). pp. 116-117.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1974a - Migmatização e feldspatização de charnockitos e granulitos no Leste paulista e Sul de Minas Gerais. An. do XXVIII Congr. Bras. Geol., Porto Alegre. Vol. 5. pp. 155-160.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1974b - Depósitos molassóides da Formação Eleutério, SP - MG. Soc. Bras. Geol. Núcleo Rio Grande do Sul. Boletim Especial nº 1. (Resumo das Comunicações do XXVIII Congr. Bras. Geol.). pp. 723-726.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1978 - Contribuição ao conhecimento das rochas granitoides do Sul do Brasil. Rev. Bras. Geociênc. Vol. 8, nº 2. pp. 113-133.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1980 - O Grupo Pinhal na Região Nordeste do Estado de São Paulo e Áreas Vizinhas do Estado de Minas Gerais. Bol. IGUSP., Vol. 11, pp. 1-20.

WERNICK, E.; FERNANDES, N.A. e ALMEIDA Jr, N.F. - 1976a - Gonditos de Socorro e Itapira, SP. Min. Metal., Vol. 39 (372) : 16-21 pp.

WERNICK, E.; PANTOJA, J.L. e NICOLA, J.P. - 1976c - Megacrístais do maciço granítico de Socorro (SP e MG). Soc. Bras. Geol.

Núcleo de Minas Gerais. Boletim Especial nº 1. (Resumo das Comunicações do XXIX Congr. Bras. Geol.). pp. 329.

WERNICK, E.; FIORI, A.P.; BETTENCOURT, J.S. e CHOUDHURI, A. -1979- A tectônica rígida do fim do Ciclo Brasileiro e sua implicação na estruturação da borda S e SW do Craton do São Francisco: Tentativa de um modelo preliminar. (no prelo).

WERNICK, E.; OLIVEIRA, M.A.F. de; KAWASHITA, K.; CORDANI, U.G. e DELHAL, J. - 1976b - Estudo geocronológico pelo método Rb-Sr em rochas do Bloco Jundiaí e Regiões adjacentes. Rev. Bras. Geociênc., Vol. 6, nº 1. pp. 125-135.

WINTERS, A.A.M - 1975 - A Geologia da Serra da Pedra Branca; Caldas Andradas (MG). Relatório Final da Bolsa de Iniciação Científica CNPq (inédito).

MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA ENTRE CALDAS E ANDRADAS-MG.

Por
ANDREAS A. M. WINTERS
1981

Convenções Topográficas

Convenções Geológicas

MAPA DE PONTOS DA ÁREA ENTRE CALDAS E ANDRADAS-MG.

Por
ANDREAS A. M. WINTERS
1981

Convenções Topográficas

Cidade

Estrada Pavimentada

Estrada de Tráfego Permanente

Estrada de Tráfego Periódico

Estrada Municipal Caminho Carroçável

Caminho ou Trilha

Limite Intermunicipal

Hidrografia

Ponto de Controle Altimétrico

Convenções Geológicas

Pontos

Ponto Estudado

Ponto com determinação Modal

Ponto com determinação Radiométrica

Ponto com determinação Modal e Radiométrica

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

LEGENDA:

ÁREA ESTUDADA

ESCALA 1:50.000

Des. Carlos Alberto de Oliveira