UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004725

GEOLOGIA E POTENCIAL DE MINERALIZAÇÃO
DOS ARREDORES DE FORTALEZA DE MINAS (MG).

Sebastião Gomes De Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Aledir Paganelli Barbour

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

nome

ass.

Presidente: Dr. Aledir P. Barbour

Examinadores: Everisto Ribeiro Filho

Dr. Jorge S. Bettencourt

Aledir P. Barbour
Everisto Ribeiro Filho
Jorge S. Bettencourt

São Paulo

1983

INDICE

	página
1. Introdução e Objetivos.....	1
2. Metodologia de trabalho.....	4
3. Geologia regional e evolução do conhecimento geológico.	6
3.1. Introdução.....	6
3.2. Descrição das unidades litológicas.....	6
3.2.1. Embasamento cristalino.....	7
3.2.2. Gnaisses, migmatitos, anatexitos e granulitos.....	7
3.2.3. Rochas básicas-ultrabásicas.....	9
3.3. Complexo Silvianópolis.....	10
3.4. Grupo Amparo.....	10
3.5. Grupo Pinhal.....	11
3.6. Grupo São João Del Rey.....	13
3.7. Grupo Andrelândia.....	13
3.8. Grupo Araxá.....	13
3.9. Grupo Canastra.....	15
3.10. Grupo Araí.....	16
3.11. Grupo Bambuí.....	16
3.12. Interpretação Geotectônica.....	18
4. Geologia Local.....	38
4.1. Introdução.....	38
4.2. Grupo Araxá.....	41
4.2.1. Associação de meta-arenitos e meta-siltitos.....	41
4.2.2. Associação de talco tremolita xisto.....	42
4.2.3. Associação de meta-calcários e fosforita..	43
4.2.4. Associação de Sericita quartzo xisto e clorita.....	44
4.2.5. Formações ferríferas.....	45
4.3. Rochas do Embasamento Cristalino.....	45
4.4. Sequência Vulcano Sedimentar (unidade Morro do Niquel.....	49

4.4.1. Rochas Vulcânicas.....	50
4.4.1.1. Actinolita xisto.....	50
4.4.1.2. Clorita xisto.....	53
4.4.1.3. Talco xisto.....	55
4.4.1.4. Serpentinitos.....	56
4.4.2. Rochas metassedimentares.....	57
4.4.4.1. Cherts ferríferos e/ou grafito- sos.....	57
4.4.4.2. Chert esferulítico.....	58
4.4.4.3. Quartzo, xisto grafitoso.....	58
4.4.4.4. Quartzitos.....	59
4.5. Características paragenéticas da unidade Morro do Níquel.....	59
5. Estruturas Geológicas.....	73
5.1. Introdução.....	73
5.2. Metodologia utilizada.....	73
5.3. Terminologia usada.....	73
5.4. Falhas.....	75
5.5. Dobras.....	76
6. Considerações estratigráficas.....	81
6.1. Introdução.....	81
6.2. Estratigrafia proposta.....	81
7. Caracterização geoquímica de elementos metálicos na área.....	86
7.1. Introdução.....	86
7.2. Prospeção geoquímica em sedimentos de corrente.....	86
7.3. Prospeção geoquímica em solo.....	90
7.4. Tratamento estatístico dos dados.....	97
7.4.1. Introdução.....	97
7.4.2. Metodologia utilizada.....	98
7.4.3. A análise dos dados e seus significados em relação a objetivos mineiros.....	100

	página
8. Considerações metalogenéticas.....	112
8.1. Introdução.....	112
8.2. A importância metalogenética dos greenstone belts.....	113
8.3. Possibilidades de mineralização dos arredores de Fortaleza de Minas.....	113
9. Conclusões.....	117
10. Agradecimentos.....	120
11. Bibliografia.....	122

FIGURAS

1. Mapa de localização e acesso da região de Fortaleza de Minas.	3
2. Carta geológica dos arredores de Fortaleza de Minas e Alpinópolis (MG).	8
3. Mapa geológico simplificado da região Nordeste do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais.	12
4. Esboço geológico da região de Dobramentos da Borda Oeste do Craton São Francisco.	14
5. Estratigrafia do Grupo Bambuí.	17
6. Esboço Geotectônico da parte sul do craton de São Francisco.	19
7. Mapa estrutural do Sul de Minas e Áreas Adjacentes.	21
8. Geossinclíneo Brasília.	23
9. Principais feições estruturais e metamórficas da região leste do Brasil.	23
10. Esboço Geológico-Tectônico sobre o oeste Mineiro.	25
11. Esboço tectônico simplificado da borda sul do crãton do São Francisco.	27
12. Arcabouço estrutural da borda Sul, crãton do São Francisco.	30
13. Mapa de afloramentos. (anexo)	
14. Mapa geológico da região de Fortaleza de Minas (MG).	39
15. Coluna litoestratigráfica completa do cinturão vulcano sedimentar Morro do Ferro.	40

16. Mapa geológico dos arredores de Fortaleza de Minas.(anexo).
17. Mapa geológico de detalhe. (anexo).
18. Diagramas dos contornos dos polos das normais às superfícies "S" dos arredores de Fortaleza de Minas. (anexo).
19. Exemplos típicos de superposição de eventos de deformação dinâmica na sequência Itaú. 80
20. Coluna estratigráfica proposta para o cinturão vulcano sedimentar Morro do Ferro. 85
21. Mapa de bacias e sub bacias de drenagem. (anexo).
22. Mapa de prospecção geoquímica (anexo).
23. Mapas de anomalias em solo. (anexo).
24. Histograma de frequência. 111
25. Gráfico de probabilidade.(anexo).

FOTOGRAFIAS

	página
1 - 6 - Diferentes tipos de migmatitos	46 a 48
7 e 8 - Actinolita xisto	52
9 - Talco xisto	61
10 - Cherts ferriferos	68
11 - Chert esferulítico	70
12 - Quartzo xisto grafitoso	71

FOTOMICROGRAFIA

1 - Actinolita xisto	61
2 - Serpentinio	62
3 - Actinolita xisto	62
4 - Actinolita xisto	63
5 - Clorita xisto	63
6 - Clorita xisto	64
7 - Clorita xisto	65
8 - Talco xisto	66
9 - Clorita xisto	67
10- Clorita xisto	69
11- Tremolita-talco serpentinito	69
12- Chert ferrífero	71
13- Meta chert esferulítico	72
14- Meta chert grafitoso	72

QUADRO 1

página

Quadro comparativo da cronologia dos principais unidades
litológicas do sul de Minas, a leste do Estado de São Paulo. 37

TABELAS

1 - Valores obtidos em sedimentos de corrente e concentrado de Bateia.	88
2- Valores em ppm para Ni, Cu, Cr, Co, obtidos em solos.	91
3- Valores obtidos no tratamento estratigráfico.	99
4- Frequência dos elementos para toda a área.	101
5- Valores de correlação.	108
6- Elementos menores (em ppm) da província superior do Ca nadã.	114

" A JORGE SILVA BETTENCOURT,
que me iniciou nos caminhos
da metalogênese"

RESUMO

Os traços geológicos mais gerais das Faixas do bradas proterozóicas (Grupos Araxá, Andrelândia e Canastra), bem como o seu embasamento, na parte sudoeste de Minas Gerais são abordados.

Na região de Fortaleza de Minas (MG), essas litologias podem ser grupadas em 3 unidades litoestratigraficamente distintas, denominadas: Embasamento Cristalino, Cinturão Vulcano-Sedimentar, Morro do Ferro e Grupo Araxá.

Localmente as rochas que constituem o embasamento, são representadas por anatexitos, migmatitos e gnaisses diversos, que mostram uma evolução estrutural similar aquela aventada - por Fiori (1974) para rochas do Complexo Silvianópolis (Fig. 16).

As rochas tidas como pertencentes ao Grupo Araxá, no local, são representadas principalmente por quartzitos da Formação Canastra. Outras litologias consideradas como pertencentes a este Grupo, agora melhor caracterizadas, passa a ser parte integrante do "Cinturão Vulcano Sedimentar Morro do Ferro", modificando-se parcialmente os modelos estratigráficos até agora propostos para a área".

O estudo Petrográfico das litologias que compoem o Cinturão vulcano sedimentar "Morro do Ferro" e mais especificamente aqueles que formam a "Unidade Morro do Níquel" sugerem composições originais correspondentes a peridotitos, piroxenitos e subordinadamente basaltos.

A complexidade estrutural da área é excepcionalmente grande, levando a um rompimento generalizado dos corpos que constituem as diferentes litologias na área, bem como a formação de diversas xistosidades e fenômenos de transposição.

Dados obtidos a partir de prospecção geoquímica na área, e tratados estatisticamente, revelaram a presença de anomalias de Cromo, Níquel, Cobre e Cobalto na unidade Morro do Níquel.

Com base nos modelos geotectônicos existentes na literatura para a região, nos trabalhos locais de petrografia, estrutural, estratigrafia, geoquímica bem como dos vários indícios

de mineralizações existentes na área, é tentada uma abordagem meta
logênética (Sensu Lato), para a região de Fortaleza de Minas.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A área aqui abordada situa-se no município de Fortaleza de Minas (Sul de Minas Gerais) e está contida na folha Fortaleza de Minas, SF-23-V-A-VI-4, publicada em 1980 pelo IBGE, e mais precisamente entre os meridianos de $46^{\circ}41'37''$ a oeste de Greenwich e entre os paralelos $20^{\circ}54'11''$ e $20^{\circ}52'39''$, a sul do Equador, abrangendo uma área de 4 km^2 .

O acesso pode ser feito através da combinação de estradas asfaltadas (maior parte do percurso) e estradas de terra. Partindo de São Paulo atinge-se a área após um percurso de 300 Km utilizando-se para tanto as rodovias Anhanguera até as imediações de Campinas; SP 340 que leva aos arredores de Mococa e finalmente a BR-491 até as cidades de Itaú de Minas e/ou Passos. Ambas as cidades permitem acesso a Fortaleza de Minas através de estradas de terra com tráfego permanente e em bom estado de conservação (Fig.1).

Importantes informações referentes à Geologia Regional estão consubstanciadas em 2 projetos da CPRM na escala de 1:1.000.000 e 1:250.000; o projeto Folha do Rio de Janeiro, Folha de Passos por Brandalise et alii (1972), e o Projeto Furnas Mantiqueira por Silva e Seixas, 1977. Do ponto de vista estratigráfico caracterizam um embasamento constituído por gnaisses e granitos ao qual denominam Pré-Cambriano Indiviso, sotoposto aos grupos Araxá e Canastra.

Outros vários trabalhos de importância do ponto de vista regional tais como de Ebert, 1957, 1962, 1968 e 1971; Almeida, 1967, 1968 e 1976; Wernick, 1972 a, b, 1978; Wernick e Fiori 1979 serão abordados em outros capítulos deste trabalho.

Com relação à geologia local, Teixeira (1978, 1979a e b) fez um excelente trabalho de cunho petrográfico, geoquímico, estratigráfico, tectônico e econômico. Define na área uma sequência vulcano-sedimentar do tipo "greenstone belt" e por ele denominado "Cinturão Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro". Como embasamento deste cinturão reconhece os migmatitos granitos e gnaisses de Brandalise et al (1972) e Silva e Seixas (1977). Com base em critérios metamórficos e estruturais, subdivide o Grupo Araxá que lo

calmente se sobrepõe discordantemente às litologias do cinturão - vulcano-sedimentar, como sendo constituído por uma sequência basal (Passos) sotoposta aos metassedimentos da Formação Canastra. Ou tras informações adicionais à geologia da área estão consubstanciadas no relatório final do projeto Alpinópolis (1981) coordenado - por Oliveira et al.

Os primeiros trabalhos mineiros, nos arredores de Fortaleza de Minas, foram realizados pela Companhia Eletrometalúrgica de Ribeirão Preto, que explorou os depósitos de hematita do Morro do Ferro por 3 anos (1922 - 1925). Durante os trabalhos de avaliação desta jazida foram feitas algumas escavações no então denominado Morro Pelado (hoje Morro do Níquel), constatando-se a presença de pequenos veios de garnierita. A primeira descrição desta jazida coube a Luciano Jacques de Moraes (1935) em seu clássico - trabalho "Níquel no Brasil", onde faz algumas considerações sobre o caráter intrusivo do corpo serpentínico na Serie Minas, tecendo ainda considerações sobre o potencial do depósito.

Trabalhos posteriores, como o de Santivañez (1965) Svesseon (1968) e Griffon & Richter (1976) respectivamente, tratam da viabilidade econômica do depósito e da metalurgia do níquel silicatado, mantendo a geologia descrita por Moraes.

Mais recentemente Alecrim e Pinto (1980) executaram uma campanha de prospecção geoquímica regional nas proximidades de Fortaleza de Minas, Morro do Ferro, visando caracterizar anomalias de Pb, Zn, Cu, Co, Mn e Cr nas diferentes unidades litológicas aí ocorrentes (Pré-Cambriano Indiviso, Grupo Araxá e Sequência Morro do Ferro).

O autor do presente trabalho integrou de 1978 até dezembro de 1980 um grupo técnico de pesquisas com finalidades prospectivas particulares. Durante esse período coletou-se considerável volume de informações que, conjugadas às informações geolôgicas disponíveis na literatura, permitiram esboçar uma análise geolôgica local visando o conhecimento das possibilidades de mineralizações da área ou mais precisamente, da unidade vulcano-sedimentar Morro do Níquel, que é o objetivo principal deste trabalho.

Para tanto foi necessário caracterizar antes - e com certo detalhe - as diferentes litologias aí presentes, suas rela

ções espaciais, empilhamento litológico, estruturas e distribuição dos elementos menores no solo.

Este trabalho no entanto deve ser encarado como tentativa pioneira para a área, sujeito portanto a complementações futuras, já que vários aspectos de importância deixaram de ser a bordados, pois demandariam estudos adicionais de campo e laboratório que não puderam ser realizados no momento.

Assim seria necessária esta mesma abordagem em outros corpos vulcano-sedimentares que aí ocorrem regionalmente, - complementada por análises químicas, visando o estabelecimento de uma estratigrafia petro química para estes corpos. Uma análise tectônica regional acompanhada de datações geocronológicas revelariam a evolução geotectônica da área assim como elucidariam ainda os vários regimes de dobramento e fraturamento superpostos que aí ocorrem sem falar da necessidade de se determinar as principais alterações: carbonatação, cloritização, serpentinitização) apresentadas por estas rochas.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

As atividades de campo necessárias para a realização deste estudo foram aquelas de rotina para trabalhos desta natureza mas, no entanto, tendo em vista os objetivos propostos, foi necessária uma sistematização dos trabalhos em dois níveis de observação. O primeiro compreendeu o levantamento geológico preliminar de uma área mais ampla, registrando os diferentes tipos litológicos e suas relações estruturais bem como as principais bacias hidrográficas, elementos estes necessários para elaboração de uma base geológica, com apoio de fotografias aéreas na escala 1:25.000. Ainda neste nível foram coletadas 62 amostras em sedimentos ativos de drenagem e 42 amostras de concentrado de batéia visando a seleção de uma ou mais áreas-alvo. Os resultados assim obtidos foram sintetizados em forma cartográfica na escala 1:25.000 (Figuras 16, 21 e 22) e nas tabelas 1 e 2.

O outro nível de observação do trabalho constou

de estudos detalhados em uma área-alvo de 4 Km², mapeada na escala 1:5.000, com auxílio de teodolito, bússola e trena. Esses estudos tiveram o objetivo de estabelecer as relações geométricas entre os diferentes tipos litológicos, mineralogia principal, textura e - principalmente orientar a coleta de 200 amostras de solo, ao nível do horizonte B, para análise de elementos menores tais como níquel, cobre, cobalto e cromo. Os resultados obtidos estão apresentados - em forma cartográfica (Figuras 17, 23 a, b, c, d) e na Tabela 3. Os trabalhos de campo foram iniciados em dezembro de 1978 e concluí - dos em abril de 1981, totalizando cerca de 170 dias /campo.

Os trabalhos de laboratório para a realização - dos estudos acima citados constituíram de análises químicas e mine - ralógicas tais como:

- a) estudos petrográficos em 100 secções delgadas de rochas com vis - tas à identificação dos minerais presentes, textura e paragêne - se, permitindo assim a elaboração de algumas considerações genê - ticas. Todas as secções foram estudadas segundo métodos conven - cionais em microscópio de fabricação Leitz, modelo SM-Luz Pol.
- b) Análises químicas em sedimentos ativos de drenagem ("stream sedi - ments") para Cu, Co, Ni, Cr e Au foram feitas nos laboratórios da firma Puriquima Ltda, utilizando-se o método absorção atômica após abertura por HF e HNO₃ a quente, na fração menor que 80 mesh para os 3 primeiros elementos. Para o ouro e cromo foi analisado concentrado de bateia pelo método absorção atômica a - pós fusão total, com pesagem do concentrado para fração entre 150 - 200 mesh
- c) Análises químicas de solos para elementos menores (Ni, Cu, Co e Cr) foram realizadas em parte nos laboratórios de análises da firma Puriquima Ltda (SP) e em parte nos laboratórios da firma Geosol, geologia e sondagens Ltda (B.H.). Em ambos os laboratô - rios o método utilizado foi "absorção atômica", após abertura - por HNO₃ concentrado a quente, sendo analisada a fração total. O aparelho utilizado em ambos os casos foi um Varian 1200, com li - mites de confiabilidade superiores a 90%.

3. GEOLOGIA REGIONAL E EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO

3.1. INTRODUÇÃO

A região de Fortaleza de Minas corresponde a uma área do embasamento cristalino, pertencente ao chamado Complexo - Campos Gerais (Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folhas SF 23; SF-24; SG-23, 1978) que possivelmente representa o Grupo Barbacena intensamente cisalhado e cortado por um sistema de falhas NW (Wernick e Fiori, 1979). Ao norte esta área cristalina é delimitada pelos Grupos Araxã e Canastra; a oeste pelo Grupo Araxã e sedimentos carboníferos da Bacia do Paraná; ao sul por rochas gnáissicas-granulíticas, e a leste transiciona para rochas gnáissicas anatexíticas do Grupo Barbacena. Localmente entre o Complexo Campos Gerais e os Grupos Araxã/Canastra ocorrem manchas de dimensões variáveis do Grupo Bambuí, como nos arredores de Carmo do Rio Claro (Fig.2).

A litologia do Complexo Campos Gerais é constituída essencialmente por xistos e gnaisses com termos migmatíticos e facoidais subordinados, e frequentes intercalações de metaultrabásitos e calcossilicáticas. Um pouco mais para norte da região de - Fortaleza de Minas afloram ainda os grupos Araí, Andrelândia, Paraíba, São João Del Rey, enquanto que os grupos Amparo e Pinhal e as formações Eleutério e Pouso Alegre afloram mais ao sul. (Fig.2).

3.2. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES LITOLÓGICAS

Nas imediações de Fortaleza de Minas afloram as seguintes unidades litoestratigráficas (Fig. 2).

- Embasamento Cristalino, Complexo Silvianópolis, Grupo Amparo
- Complexo Silvianópolis
- Grupo Amparo
- Grupo Araxã
- Grupo Pinhal
- Grupo Canastra
- Grupo São João Del Rey
- Grupo Bambuí

- Grupo Andrelândia
- Grupo Araí

3.2.1. EMBASAMENTO CRISTALINO

O assim chamado Embasamento Cristalino ou Complexo Pré-Cambriano Indiviso, corresponde a uma entidade heterogênea constituída de 2 porções distintas. Uma reunindo rochas metamórficas de médio a alto grau, incluindo diferentes tipos de granulitos, gnaisses, migmatitos, anatexitos, anfibolitos e granitóides, frequentemente esta associação litológica tem sido designada de Grupo Barbacena. Outra, englobando rochas metassedimentares e xistos básicos a ultrabásicos de facies xistos verdes e anfibolito, comumente interpretadas como equivalentes a sequências vulcano-sedimentares deformadas e metamorfizadas. Enquanto a primeira constitui o arcabouço geral desta unidade, a última pode constituir ou não faixas mais ou menos contínuas tais como nos arredores de Alpinópolis, Nova Resende, arredores de Fortaleza de Minas, Piumhi, etc.

3.2.2. GNAISSES, MIGMATITOS, ANATEXITOS E GRANULITOS

Os gnaisses predominantemente são do tipo biotita e/ou hornblenda gnaisses, exibindo estruturas facoidais, fitadas e bandadas. Estas litologias gradam lateralmente para anatexitos (metatexitos, geralmente com estruturas dobradas, ptigmáticas, estictiolíticas e venosa; diatexitos predominantemente com estruturas tipo "schlieren" e nebulítico) e granitóides de composição granodiorítica ou tonalítica (Projeto Furnas Mantiqueira, 1976; Teixeira, 1978).

Entre os migmatitos predominam os de estrutura agmatítica, "schollen", "schlieren", acamados e dobrados, tendo como paleossoma gnaisses, anfibolitos, granulitos e rochas ultrabásicas (hornblenditos, actinolititos, sendo que o neossoma é representado por material granitóide; diorítico e granítico.

Comumente a composição mineralógica das rochas descritas acima é representada por quartzo, plagioclásio, hornblen

Fig. 2

CARTA GEOLÓGICA DOS ARREDORES DE FORTALEZA DE MINAS E ALPINÓPOLIS (M.G.)

(Fonte: Carta Geológica do Brasil ao milionésimo, Folha do Rio de Janeiro, 1978, Modificado)

— LEGENDA —

— CONVENÇÕES GEOLÓGICAS —

- Contato Definido
- - - Contato Inferido
- - - Falha Inferida
- Falha Indiscriminada
- ▲▲▲ Falha Inversa ou de Empurrão
- Eixo de Anticlinal
- Eixo de Sinclinal
- Rocha Cataclástica

ESCALA - 1:1.000.000

10Km 0 10 20

- 141m.a. **FORMAÇÃO SERRA GERAL:**
basaltos com "sills" de diabásio e arenitos não diferenciados. "Sills" e diques de diabásio. **MESOZOÍCO**
- FORMAÇÃO BOTUCATU:**
arenitos.
- 570m.a. **FORMAÇÃO ITARARÉ:**
arenitos, siltitos, diamictitos e ritmitos. **PALEOZOÍCO**
- GRUPO BAMBUÍ:**
argilitos e siltitos, com termos carbonáticos e conglomeráticos minoritários, calcários, conglomerados, siltitos e arcósios.
- GNAISSES E XISTOS GRANATÍFEROS**
- 1.000m.a. **GRUPO SÃO JOÃO DEL REI:**
filitos, metassiltitos, metagrauvacas, xistos, quartzitos, metaconglomerados, calcário xisto, quartzitos. **PROTEROZOÍCO SUPERIOR**
- GRUPO CANASTRA:**
filitos, sericita-xistos, micaxistos granitíferos, quartzitos sericiticos, com intercalações de filitos, sericita-xistos e xistos calcíferos, micaxistos, em parte granitíferos, gnaisses finos, calcários, quartzitos individualizados. **ARQUEANO À PROTEROZOÍCO MÉDIO**
- 1.800m.a. **COMPLEXO VARGINHA-GUAXUPÉ:**
gnaisse e granulitos, charnockitos, granulitos diversos e migmatitos, migmatitos de estruturas diversas. **ARQUEANO**
- 2.500m.a. **GRUPO BARBACENA:**
rochas migmatíticas, graníticas, granodioríticas, quartzodioríticas, em parte gnaissificadas.
- COMPLEXO CAMPOS GERAIS:**
xistos e gnaisses com termos migmatíticos e facoidais subordinados e frequentes intercalações de metaultrabasitos e calcosilicáticas, xistos, zona de maior incidência de ultrabasitos e metaultrabasitos.

DES. SILVIO

da e biotita. A microclina pode estar ausente, aparecer de forma subordinada, ou então, localmente ser o feldspato predominante.

Estas litologias podem mostrar transposição, originando estruturas do tipo embrechítico.

Os granulitos ocorrem tanto sob a forma de intercalações com dimensões variáveis nas litologias descritas acima ou sob a forma de faixas, onde são o principal tipo litológico. No último caso formam intercalações de corpos maiores, apresentando composição intermediária com variedades enderbíticas e sieníticas. Charnockitos típicos e granulíticos básicos são variedades bastante restritas. Como feição estrutural característica estas rochas mostram-se ora bandada ora gnáissica (Oliveira, 1973; Choudhuri et alli 1978).

3.2.3. ROCHAS BÁSICAS-ULTRABÁSICAS

As litologias de composição básica-ultrabásica embutidas neste embasamento ocorrem principalmente de duas maneiras: formando grandes corpos não associados com rochas sedimentares, como nos arredores de Fortaleza de Minas Piumhi, Nova Resende, Jacuī, etc. ou então como corpos extrusivos com metassedimentos associados, também próximos às localidades já descritas.

As seqüências vulcano-sedimentares mostram-se alongadas como um todo, geralmente seguindo uma direção N30W-EW. O primeiro tipo também mostra este alinhamento preferencial, e as litologias que compõem ambos os tipos têm as mesmas atitudes, e seus contactos com o embasamento cristalino são eminentemente tectônicos.

As litologias de composição básica-ultrabásica para ambos os tipos são também similares, predominando tremolita e/ou actinolita xistos, serpentinitos, clorita xistos, talco xistos, etc (Choudhuri, 1980) não raramente cortados por pequenos diques de metabasitos.

Os metassedimentos mais comumente associados aos corpos extrusivos são metacherts mais ou menos ferríferos, gonditos, quartzitos grafitosos, metaritmitos e calcários.

Apesar do grau de metamorfismo que atuou sobre -

estas rochas (facies xisto verde a anfíbolítica), nas proximidades dos contactos com o embasamento são muitas vezes preservadas estruturas reliquias magmáticas, principalmente pseudomorfos de olivina.

Apesar dos modelos tectônicos propostos para a área e da proximidade entre estes corpos, bem como das diversas similaridades entre eles existentes, ainda não foi tentada uma correlação.

3.3. COMPLEXO SILVIANÓPOLIS

O Complexo Silvianópolis (Fiori, 1979), de idade arqueana, é constituído essencialmente por migmatitos do tipo em brechítico predominantemente cinzentos e composição variável entre tonalítica, granodiorítica e granítica. As rochas apresentam foliação proeminente condicionada tanto pela disposição paralela de minerais estirados como também pela alternância de leitos quartzo - feldspáticos e leitos descontínuos enriquecidos em biotita e hornblenda. Localmente associam-se a gnaisses porfiroblásticos e anatexitos irregulares do tipo flebítico ou "schlieren". Fiori (1979) demonstrou que os embrechitos são produtos de intensa transposição dos anatexitos flebíticos e "schlieren", sendo ainda reconhecidos naqueles, localmente, dobras intrafoliares disruptas e com ápices espessados. A textura dos migmatitos é predominantemente granoblástica e a dos embrechitos é granoblástica-cataclástica. Esses embrechitos mostram localmente maior ou menor grau de recristalização e mesmo remobilização, indicando a atuação de fenômenos térmicos pós-deformacionais que chegaram a iniciar fenômenos de anatexia.

3.4. GRUPO AMPARO

O Grupo Amparo (Ebert, 1968), ocorre no bloco Jundiá situado ao norte dos falhamentos de Jundiuvira e Itu, bem como no bloco Pinhal ao norte do falhamento de Jacutinga (Penalva e Wernick, 1973 a). Este grupo corresponde a uma sequência meta-se

dimentar que se aproxima da área em foco, circulando o Complexo - Caldas mais ao sul (Fig. 3). Fiori(1979) redefine este grupo, con siderando-o como transamazônico, retirando da definição original - as rochas granulíticas, embrechitos, gnaisses graníticos e parte - dos gnaisses porfiroblásticos, por considerá-los como integrantes do embasamento desta unidade. Como litologias predominantes estão pre sentes biotita e/ou hornblenda gnaisses listrados, bandados, fi tados e anatexíticos; intercalações de biotita xistos, quartzitos feldspáticos, quartzitos, gonditos, anortositos e grande quantidade de corpos básicos/ultrabásicos etc. Estas litologias exibem in tensa transposição ao longo dos planos axiais das dobras, atestada por abundantes dobras intrafoliares disruptas e com ápices espessados. O metamorfismo atingiu a facies anfibolítica, levou à forma - ção de zonas com predomínio de metatexitos e diatexitos. Outras ca racterísticas importantes deste grupo são a saussuritização dos - plagioclásios, formação de clorita a partir de granada e biotita, desenvolvimento marginal de biotita em anfibólito, atestando assim o polimetamorfismo atuante neste grupo. A Fig.3 mostra a ampla distribuição do grupo.

3.5. GRUPO PINHAL

De acordo com os vários autores que o estudaram, este grupo pode ser definido como uma unidade granítica-migmatítica de idade Brasileira, tendo sua gênese possivelmente ligada aos me tassedimentos do Grupo Amparo e seu embasamento, que foram extensi vamente migmatizados pela intrusão de numerosos corpos granitoides.

Os granitoides apresentam composição granítica a quartzo-diorítica, incluindo termos sieníticos com textura equigranular/porfiróide, e coloração rósea, cinza e esbranquiçada.

Os migmatitos são predominantemente de cor rosa, com estruturas acamadas, agmatíticas, "schollen" "schlieren" nebulíticas, homofânicas, dobradas e oftálmicas.

A interferência de vários corpos graníticos com auréolas migmatíticas resultam em complicados complexos granítico-migmatíticos, sendo que os maiores são representados pelos comple

Fig. 3 MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO E SUL DE MINAS GERAIS (Segundo Fiori, Wernick e Bettencourt, 1978)

xos de Caldas e Socorro (Fig. 3). Aos processos de migmatização as sociam-se fenômenos metassomáticos que afetam não sō os migmatitos como também as maiores intercalações de rochas não migmatizadas ne les presentes.

3.6. GRUPO SÃO JOÃO DEL REY

O Grupo São João Del Rey (Ebert, 1967) de idade pré-cambriana superior (segundo o mesmo autor) reúne as formações Carandaí e Tiradentes (basais), Barroso e Prado (porções superiores), formando um pacote metassedimentar na facies xisto verde com mais de 2.000 m de espessura constituído essencialmente por arenitos ri cos em sericita e caulim, arenitos conglomeráticos (F. Tiradentes), xistos e quartzitos e megalentes de calcários (F. Carandaí), mega - lentes de calcários (F. Barroso), filitos às vezes grafitosos encer - rando lentes de calcários e calcoxisto (F. Prados) (Fig. 4).

3.7. GRUPO ANDRELÂNDIA

O Grupo Andrelândia, de idade Brasiliana (Ebert, 1968), primeiramente criado como série (Ebert, 1957), refere-se a litologias em muitos aspectos similares às da Formação Carandaí - (Grupo São João Del Rey). Sua porção basal é constituída por quart - zitos puros ou com muscovita, cianita e granada atingindo cerca de 100 m de espessura gradando para micaxistos claros (muscovítico) e escuros (biotítico) ambos com granadas, estauroлита e cianita, a testando assim grau de metamorfismo elevado (facies anfibolítica) - (Fig. 4).

3.8. GRUPO ARAXÁ

O Grupo Araxá, definido por Barbosa (1955) como de idade pré-cambriana média constitui-se de migmatitos, gnaisses,

Figura 4

ESBOÇO GEOLÓGICO DA REGIÃO DE DOBRAMENTOS DA BORDA OESTE DO CRATON SÃO FRANCISCO

micaxistos, quartzitos, xistos verdes e filitos. Estas litologias comporiam na região duas unidades distintas separadas por uma discordância angular:

Unidade Basal - mais velha

Unidade Superior - mais jovem

Essa definição original foi posteriormente amplida, modificada e redefinida por vários autores, incluindo o próprio Barbosa e Colaboradores (1970 b) que restringiram a significação de Grupo Araxã para xistos com duas micas, granadas, rutilo, zircão, turmalina, cianita e estaurolita.

Trabalhos mais recentes (Dani et al, 1973; Marini et al, 1974), restringiram o Grupo Araxã a rochas da facies do anfibolito.

Em resumo, todos os critérios utilizados até agora para definir o Grupo Araxã, não mostram uma aplicabilidade para todo o grupo. Tendo em vista esses problemas os vários autores que trabalham nestas áreas têm considerado como Araxã rochas com um grau de metamorfismo mais alto (facies anfibolítica), tais como: granada-muscovita xisto com intercalações de quartzitos, gnaisses anfibolíticos, e xistos, conforme sugestão dos autores citados acima. A distribuição geográfica deste grupo pode ser vista na figura 4. Por outro lado, a Formação Canastra é representada por rochas de mais baixo grau metamórfico tais como: quartzitos micáceos, mica-xistos e filitos.

Entretanto, uma separação estratigráfica baseada em critérios metamórficos parece-nos bastante inconsistente para a área.

A idade do Grupo Araxã é controvertida, tendo sido atribuída ao Ciclo Uruaçuano por Almeida, (1967 a, 1968), e Ha sui e Almeida, (1970); Almeida et alli (1976); Marini et alli, (1976);- Wernick e Hasui, (1975).

3.9. GRUPO CANASTRA

De acordo com Barbosa (1955, 1960, 1969, 1970 a,

1970 b) este termo engloba rochas com baixo grau de metamorfismo - (xisto verde) onde predominam quartzitos, filitos prateados e filitos grafitosos com pirita, quartzo-muscovita-sericita xistos, muscovita-biotita xistos e lentes de metacalcários.

Geograficamente tem como área de ocorrência os Estados de Minas Gerais e Goiás, conforme mostra a figura 4.

Datações obtidas pelo método K/Ar sobre as formações deste grupo dão idades que variam de 450 - 480 m.a. (Hasui e Almeida 1970).

3.10. GRUPO ARAÍ

O Grupo Araí (Pré-Cambriano Superior) foi definido por Barbosa et alii (1969) como sendo constituído por um conjunto de metamorfitos que recobrem o embasamento cristalino.

O Grupo repousa em discordância angular através de conglomerado basal sobre o embasamento na região de Arraias, Monte Alegre, Campo Belo e Cavalcanti, sendo subdividido em duas formações:

- Formação Arraias (inferior) composta essencialmente por quartzitos puros ou micáceos, com intercalações de metapelitos e vulcanitos andesito - basalto.

- Formação Traíras contendo xistos epimetamórficos intercalados com quartzitos e calco xistos. A figura 4 mostra sua distribuição regional.

3.11. GRUPO BAMBUÍ

O termo Bambuí foi utilizado pela primeira vez por Rimann (1917) para designar o grupo de rochas sedimentares que ocorre na Bacia do Rio São Francisco. Esse grupo foi várias vezes redefinido, seu significado ampliado e modificado e ainda hoje existem controvérsias quanto às suas litologias, posicionamento estratigráfico e à sua idade.

GRUPO BAMBUÍ	FORMAÇÃO TRÊS MARIAS (200 - 600 m)	: ARCÓSEOS E SILTITOS ARCOSEANOS DE COR VERDE ESCURA
	FORMAÇÃO SERRA DA SAUDADE (200-400 m)	: ARGILITOS E SILTITOS VERDES, FELDSPÁTICOS
	FORMAÇÃO LAGOA DO JACARÉ (100-300 m)	: CALCÁRIOS PRETOS FÉTIDOS COM OÓLITOS E PISÓLITOS LENTICULARES NAS MARGAS E SILTITOS, RARAS LENTES DE DOLOMITOS COM ESTROMATOLITOS
	FORMAÇÃO SANTA HELENA (200-300m)	: FOLHELHOS E SILTITOS MUITAS VEZES CALCÍFEROS
	FORMAÇÃO SETE LAGOAS (100-1000m)	: CALCÁRIOS E/OU DOLOMITOS COM OÓLITOS, INTRACLASTOS E ESTROMATOLITOS, MARGAS, SILTITOS E FOLHELHOS
	FORMAÇÃO JEQUITAI (0 - 200 m)	: PARACONGLOMERADO (TILITO) COM SEIXOS DE QUARTZITOS, GNAISSES, GRANITOS, CALCÁRIOS E DOLOMITOS EM MATRIZ ARGILO - SILTICA
(- CONGLOMERADO BASAL DO GRUPO (BIA))		
GRUPO PARANOÁ	FORMAÇÃO COCAL (500-1000 m)	: INTERCALAÇÕES REGULARES DE QUARTZITOS E FOLHELHOS COM LENTES DE DOLOMITOS (CONOPHYTON) E CALCÁRIOS, QUARTZITO CONGLOMERATIVO NO TOPO
	FORMAÇÃO SÃO JOÃO DA ALIANÇA (500-1000m)	: FOLHELHOS E ARGILITOS PREDOMINANTES COM FINAS INTERCALAÇÕES DE QUARTZITOS
	FORMAÇÃO ALTO PARAÍSO	: QUARTZITOS PREDOMINANTES COM INTERCALAÇÕES DE FOLHELHOS, ARGILITOS E SILTITOS, NÍVEIS DE QUARTZITOS CONGLOMERÁTICOS E MICROCONGLOMERÁTICOS

Doc. M.H.A. Mendonça

Fig.5 - Estratigrafia do Grupo Bambuí (Segundo Dardenne, 1977)

Sua posição estratigráfica, litologia, bem como as idades atribuídas a este Grupo podem ser observadas nas figuras 4 e 5.

3.12. INTERPRETAÇÃO GEOTECTÔNICA

A elucidação das interrelações entre as unidades anteriormente descritas foi tentada através de variados modelos geotectônicos. Todos eles ressaltam que o Grupo Barbacena é o arcabouço litológico de uma área estável, correspondendo geotectonicamente a um craton (craton de São Francisco) circundado por várias faixas móveis.

Assim Ebert (1968), baseado em exaustivos levantamentos, concebe o primeiro modelo geológico para as regiões leste e sudeste dos estados de São Paulo e Minas Gerais representados nas figuras 6 e 7. Segundo este autor ocorreria na região em foco um cinturão orogênico (geossinclíneo Paraíba), de idade variscana- (Pré-Cambriano Superior), amoldado em torno do craton do São Francisco. A sul de Belo Horizonte, na altura do paralelo 22°S, o cinturão sofre uma bifurcação em dois ramos. Um, denominado de Araxaídes, passa a infletir para NW, contornando o craton e, passando por Três Corações e Varginhas, penetra no Estado de Goiás. O outro constituindo os Paraibides, com direção NE e ENE, penetra no estado de São Paulo e estende-se até o estado do Paraná. O cinturão, quer na sua parte indivisa, quer nos Araxaídes e Paraibides, exibiria zoneamento com a ocorrência de 3 faixas distintas:

- a) Uma faixa central, que corresponderia aos internídeos, depositados em ambiente eugeossinclinal. Estratigraficamente é representada, pelos Grupos Paraíba e Juiz de Fora. A faixa constitui a serra do Mar (um mega-anticlinal com detalhes estruturais bastante complicados) e o vale do Paraíba (que exhibe estrutura de "sinclinal", em forma de leque). O Grupo Paraíba engloba rochas do facies do anfibolito e granulito, e ostenta uma "zona central", migmatítica (figura 6).

Fig.6 - Esboço geotectônico da parte sul do Cráton de São Francisco (segundo Ebert,

- b) Uma faixa intermediária que corresponderia aos externides, depositados num ambiente de transição entre eu-miogeossinclinal. É caracterizada por uma tectônica de escamas, através de falhas - de empurrão associadas com grandes transportes de massas, resultando numa complexa estrutura imbricada formada pela alternância entre rochas do cinturão e do seu embasamento (Ebert, 1968, Figs 6 e 7). A sua vergência é constante, refletindo os movimentos - dirigidos contra o craton. Estratigraficamente compreende os - grupos Andrelândia (Paraibides, MG), Itapira (Paraibides, SP) e Varginhas (Araxaídes, MG) além dos Mica-xistos Paraibuna, na serra do Mar. As rochas são do facies anfibolito, e o metamor - fismo é de alta pressão, (Ebert, 1971).
- c) Uma faixa externa, caracterizada por dobramentos suaves e falhas e mentos. Estratigraficamente inclui o Grupo São João Del Rey (com as formações Carandaí, Barroso e Prados) equivalente ao Grupo - Bambuí (Ebert 1962) ou Açungui (Ebert, 1968), Formação Carandaí com a Formação Rio das Elvas à qual ocorrem, associados, os - quartzitos de São Tomé das Letras, Itutinga e Itumirim (Ebert, - 1971). As rochas são anqui-metamórficas ou epizonais, predomi - nando tipos finos, bem selecionados, e calcários (Ebert, 1968). O Grupo São João Del Rey mostra-se, sucessivamente, menos defor - mado no sentido do eixo do Rio São Francisco, e corresponderia a depósitos de cobertura do ante país (Ebert, 1957, 1968). Os depósitos molassóides do cinturão Paraíba seriam representados pelas formações Pouso Alegre (Leonardo Jr. et al., 1971) e Eleutério (Ebert, 1971) situados nas proximidades do falhamento de Jacutinga.

O embasamento do cinturão seria representado por um complexo-migmatítico, pela Formação Lafaiete e pelo Grupo Barba cena, cujo equivalente, no estado de São Paulo possivelmente seria o Grupo Amparo (Ebert, 1957, 1962, 1968 e 1971).

A relação entre o embasamento e as rochas do cinturão foi estudada por Ebert (1971) numa faixa de metassedimentos embutida entre os complexos graníticos de Pinhal e Socorro. Esta - faixa seria integrada pelos grupos Amparo e Itapira, e constitui -

- CARBONÍFERO A PLEISTOCENO
- SÉRIE DE MINAS
- GRUPOS SÃO JOÃO DEL REI E AÇUCENAS
- GRUPO ANDRELÂNDIA (EM MINAS GERAIS) E MICAXISTOS SEMELHANTES (EM S.P.)

- GRUPO PARAÍBA
- GRUPO AMARO (BARBACENA ?)
- GRUPO BARBACENA E MAIS ANTIGO (OU ÁREA AINDA NÃO ESTUDADA)
- OCORRÊNCIA DE FACIES GRANÍTICA NO GRUPO PARAÍBA

- ZONA CENTRAL MICAXÍTICA
- GRANITOS E ORTIGNEISSOS ASSINTÓTICOS
- LIMITE DA BACIA DO PARAÍBA
- FAIXA DE MINERALIZAÇÃO
- CONTOADO APROXIMADO
- LIMITE DE CIDADE

SEÇÃO DA ESTAMPA N°

 A — B — C

Figura 7

ria um mega-anticlinal formado por um sistema de anticlinais e sinclinais especiais, os primeiros ocupados pelo Grupo Amparo. Os contatos entre os complexos graníticos e a faixa metassedimentar seriam dados pelas falhas de empurrão de Jacutinga e Inconfidentes.

O modelo acima exposto sofreu sucessivas mudan - ças e refinamentos. Assim Almeida (1967) equalizou os Araxaídes à faixa Brasília de ambientes miogeossinclinal e idade brasileira - (Fig. 8). Fundamental contestação ao modelo é devida a Cordani, De lhal e Ledent (1973). Segundo estes autores tanto o Grupo Paraíba quanto o Grupo Juiz de Fora seriam de idade Transamazônica, o Gru po Barbacena de idade Arqueana, permanecendo como de idade Brasília na apenas a zona migmatítica central de Ebert (1968) representada pelo Grupo Serra dos Órgãos. A idéia de um Craton circundado por faixas móveis foi retomada por Fyfe e Leonardos (1974) (Fig. 9).

Estes autores visualizam para a região a exis - tência de dois cratons, o do São Francisco e o do Paraná, este recoberto pelos sedimentos da bacia homônima, ambos constituídos por rochas arqueanas. Estes núcleos cratônicos estariam envolvidos por cinturões móveis de baixa pressão, caracterizados pela presença de granulitos. Estas faixas móveis foram denominadas pelos autores como cinturões tipo Atlântico com idades superiores a 2,0 b.a.. So bre estes cinturões teriam se desenvolvido, no Proterozóico Médio e Superior, faixas móveis de alta pressão representadas pelos cinturões Brasília (com facies eugeossinclinal e miogeossinclinal; 570 - 900 m.a.), Espinhaço (com facies miogeossinclinal; 1.100 - 1.400 m.a.) e São Roque (com fâcies eugeossinclinal). Tal interpretação implica que, para os referidos autores, os Grupo Bambuí, Araí, Ara xá, Canastra e Andrelândia têm idades brasileiras, ficando em aber to o posicionamento estratigráfico do Grupo São João Del Rey. Neste esquema o maciço de Guaxupé, definido por Almeida (1976), corres - ponderia a restos preservados do cinturão Atlântico. Esta idéia é retomada por Almeida (1979) ao atribuir as rochas granulíticas do maciço de Guaxupé ao cinturão granulítico Alfenas, que delimita, ao sul, o Craton do Paramirim (Fig. 10).

Face a figura 9 apresentada pelos autores, con - clui-se que a região de Fortaleza de Minas deve situar-se numa por ção cristalina, na qual parte das rochas do cinturão Brasília fo

Fig.8 - Geossinclíneo Brasília (Almeida - 1967)

Fig.9 - Principais Feições Estruturais e Metamórficas da região Leste do Brasil (Fyfe e Leonards Jr. - 1974)

ram removidas por erosão. O zoneamento litológico proposto para o cinturão Paraíba corresponde na realidade a três cinturões distintos gerados sucessivamente e com disposição sub-paralela.

Almeida et al. (1976) subdividem a faixa Brasília proposta por Almeida (1968) e Fyfe e Leonardos (1974), atribuindo à facies miogeossinclinal e eugeossinclinal idades distintas. - Criam assim os cinturões Brasília e Uruaçu, respectivamente de idades Brasileira e Uruaçuana. O primeiro (Brasília) engloba as unidades Araí, Canastra, Paraopeba, Paranoá e São João Del Rey e o segundo as unidades Araxá, Andrelândia e Itapira, fig. 10.

Baseado em trabalhos de campo, análises estruturais, estudos petrográficos e geocronológicos, o grupo de geólogos do Curso de Geologia de Rio Claro (Wernick, 1972 a, b, 1978) desenvolveu um modelo calcado em uma evolução policíclica. Assim existia na região em foco um embasamento arqueano equivalente aos grupos Paraíba e Barbacena. Sobre este embasamento ter-se-ia depositado o Grupo Amparo, de idade transamazônica, com subsequente metamorfismo e deformação que afetaria também o seu embasamento. Ambas as unidades teriam por sua vez sido redobradas durante os ciclos Uruaçuano e Brasileiro. A este tempo associar-se-ia na região um intenso plutonismo granitóide (Grupo Pinhal) e a implantação de bacias molássicas (Fm. Eleutério, Fm. Pouso Alegre e Fm. Pico de Itapeva), atestando que o maciço de Guaxupé agiu como uma área estável - em relação ao Cinturão Ribeira, adjacente. As idéias do grupo de Rio Claro (Figs. 11 e 12) podem ser sumarizadas do seguinte modo:

- 1) Formação de uma crosta sílica primitiva durante o Arqueano (Ciclo Guriense e Jequiê) através da conjunção de processos magmáticos - metamórficos - anatéticos. As dobras de fluxo presentes sob forma vestigial nos anatexitos tipo flebítico e "schlieren" do Complexo de Silvianópolis e nas rochas granulíticas, representam as fases de deformação mais intensa deste período, designada aqui de Fn.
- 2) Granulitização de parte dos anatexitos originando as rochas granulíticas da Zona de Machado. O metamorfismo ocorreu em condições estáticas, permitindo nestas rochas a preservação das do

Fig. 10 Esboço geológico-tectônico. 1 - Coberturas fanerozoicas (bacia do Parana à esquerda, bacia Alto-Santanaense e nordeste). 2 - Faixa Brasília. 3 - Faixa Uruaçu. 4 - Complexo pre-uruauquano. 5 - Falhas maiores. 6 - Intrusões alcalinas mesozoicas e quimberlitos (K). 7 - Corpos de rochas máficas e ultramáficas pre-cambrianas. 8 - Áreas de incidência de rochas granulíticas e charnockíticas. I - Soerguimento do Alto Paranaíba. II - Borda do cráton do São Francisco. III - Faixa de incidência de anomalias magnéticas lineares de grande extensão. IV - Limite entre o cráton do Paramirim e o cinturão móvel de Alfenas.

Extraído de Almeida 1979

bras da fase Fn.

- 3) Soerguimento da crosta acompanhado de falhamento e erosão. Através de uma tectônica de bloco foram expostos níveis Silvianópolis, enquanto que em áreas não muito distantes foram preservadas rochas metamórficas de baixo grau, representadas por "greenstone belts" (e.g. Piunhu, Rio das Velhas).
- 4) No Ciclo Transamazônico (Proterozóico Inferior) ocorreu a sedimentação do Grupo Amparo e seu metamorfismo de alta pressão estando hoje exposto o seu nível mesozonal. A deformação que afetou o Grupo Amparo (Fase Fn+1) afetou também intensamente o seu embasamento, transpondo as estruturas migmáticas (do Complexo de Silvianópolis), originando os embrechitos e deformando as rochas granulíticas da Zona de Machado. A deformação do embasamento decresce de S para N desde a atual borda da Bacia do Paraná (Artur et al., 1979), passando pela área aqui em foco, até ao N da zona rúptil Nova Resende - Barbacena, onde a transposição vai diminuindo gradativamente para alcançar-se o domínio do Grupo Barbacena, pouco ou não afetado pela Fase Fn+1. O metamorfismo do Grupo Amparo afeta também as rochas granulíticas levando à formação de granada e clinopiroxênios a partir de hiperstênio e plagioclásio. Durante a fase tectono-metamórfica do Ciclo Transamazônico o fluxo de calor supera, no tempo, a deformação, o que resulta na recristalização mais ou menos intensa das texturas cataclásticas geradas pela transposição ligada à Fase Fn+1, a produção de anatexitos no Grupo Amparo e uma remobilização do Complexo de Silvianópolis possivelmente com a formação de metatexitos e diatexitos. Os granulitos da Zona de Machado não exibem sinais desta remigmatização por sua composição predominantemente de intermediária a básica.
- 5) Durante o Ciclo Uruaçuano (Proterozóico Médio) a área em foco não foi palco de sedimentação, que só ocorre mais ao N (grupos Araxá e Canastra). Porém, as deformações (Fase Fn+2) e o fluxo de calor voltam a afetar o seu embasamento (Grupo Amparo e seu substrato) através de uma reorganização estrutural com caracte-

Fig. 11¹-ESBOÇO TECTONICO SIMPLIFICADO DA BORDA SUL DO CRATON DO SÃO FRANCISCO

(SEGUNDO WERNICK et alii., 1979)

rísticas distintas da fase Fn+1. O fluxo de calor reflete-se a través de uma rehomogeneização isotópica parcial ou total do em basamento (datações geocronológicas variáveis entre 2.000 e 1.200 m.a.) e pela possível formação de anfibólitos e biotitas a partir de piroxênios e anfibólitos nos granulitos na zona de Ma chado. O tipo da deformação Fn+2 demonstra certa distância espa cial da área em foco em relação à zona principal de metamorfismo e deformação Uruaçuana já que a Fase Fn+2 aumenta de intensi dade de SW para NE-(Wernick e Fiori, 1979).

- 6) No ciclo Brasileiro (Pré-Cambriano Superior) não há na área con siderada intensa sedimentação. A presença de depósitos molassóides (formações Pouso Alegre e Eleutério), indicativa de uma cer ta estabilidade. Mesmo assim o Grupo Amparo e seu embasamento é afetado pelo fluxo de calor, pelas deformações (Fn+3) da tec togênese Brasileira, que gera mais ao sul os ectinitos do Grupo São Roque. O estilo da deformação indica novamente distância da zona máxima de deformação brasileira (Wernick e Fiori, 1979) e o fluxo de calor brando se reflete num retrometamorfismo no Gru po Amparo (saussuritização de plagioclásio, formação de biotita e clorita a partir de anfibólitos e granadas, zoneamento normal nas bordas de plagioclásio cujos núcleos têm zoneamento inverso (Wernick, 1967, 1972 b). A fase Fn+3 situa-se ao redor de 650m. a.
- 7) Intrusão dos megadiápiros do Grupo Pinhal entre 620 e 550 m.a. (Wernick et al., 1976), ao longo de zonas de fraqueza que repre sentam verdadeiros canais térmicos (Wernick e Penalva, 1978; Wer nick, 1979; Wernick e Penalva, 1980 a,b). O calor associado às intrusões e seu mecanismo de alojamento desencadeiam a fase de deformação Fn+4. Os granitóides provocam intensa migmatização das rochas encaixantes e truncam os traços axiais das dobras da fase Fn+3, principalmente na parte S do Complexo Silvianópolis (Fiori, 1979).
- 8) Deposição da Formação Pouso Alegre e seu anquimetamorfismo em bacias tectônicas ao redor de 524 ± 20 m.a. (Hama e Cunha, 1977;

Hama et al., 1979).

- 9) Enriquecimento regional e desenvolvimento de fortes esforços compressivos de W para E provocando a indentação do Maciço Guaxupê (Wernick et al., 1979) acompanhado de intensa lineagênese ao redor de 485 ± 15 m.a. (idade em granitos cataclásados; Hama e Cunha, 1977; Hama et al., 1979).
- 10) Durante todo Fanerozóico, soerguimentos sucessivos, reativação das velhas linhas estruturais com formação de "horst" e "graben", basculamentos e intrusão de diabásios, e rochas alcalinas ao longo de planos de fraqueza.

Em 1979, Wernick e Fiori e Wernick et al. extrapolam o modelo (Fig. 11 e 12) acima descrito para uma área mais ampla, tentando explicar as relações entre os diversos cinturões móveis presentes entre a costa e W do Estado de Minas Gerais correspondente à região ao N do paralelo 23° S das folhas de Rio de Janeiro:

- 1) Os autores, baseados em trabalhos de campo e dados disponíveis na literatura, concluíram pela existência, na área em foco, de um grande segmento crustal sílico incluindo um "ancient gneissic complex", "greenstone belts", cinturões granulíticos e complexos básicos - ultrabásicos com dimensões variáveis.
- 2) Este segmento sofreu sucessivo retalhamento através de duas faixas móveis, respectivamente com direção N-NE e NW. A primeira inclui os cinturões móveis Atlântico, Paraíba e Ribeira, com disposição paralela e sub-paralela, respectivamente, de idade arqueana, transamazônica e brasileira, com os mais jovens sucessivamente implantados sobre os mais velhos, e que mostram o controle estrutural das direções mais novas pelas mais antigas. A faixa NW é constituída pelos cinturões móveis Araxá e Canastra (ou por um só Cinturão Móvel Araxá-Canastra) em parte com caráter de "vestigiosyncline" por atuar sobre as rochas metamórficas de idade transamazônica.

Fig. 12 ARCABUÇO ESTRUTURAL DA BORDA SUL CRATON DO SÃO FRANCISCO.

(SEGUNDO WERNICK E FIORI - 1979)

- A - FAIXA MOVEL N-NE (CINTURÕES ATLÂNTICO, PARAIBA E RIBEIRA)
- B - FAIXA MOVEL NW (CINTURÃO ARAXÁ-CANASTRA)
- C - ZONA RUPTIL CÁSSIA-BARBACENA
- ▲▲ - AUMENTO DA INTENSIDADE DAS DEFORMAÇÕES, \\\ BRASILEIRAS; \\\\ URUCUANAS
- - DIREÇÕES ESTRUTURAIS DOMINANTES
- ++ - NÚCLEOS ARQUEANOS
- - LIMITE APROXIMADO DA REORGANIZAÇÃO DE ESTRUTURAS MAIS ANTIGAS POR DEFORMAÇÕES MAIS NOVAS

- 3) No cruzamento entre as duas faixas móveis desenvolveu-se uma importante zona rúptil (zona Cássia-Barbacena), constituída por falhas com direção predominantemente ENE e WNW, particularmente ativa no Ciclo Brasileiro. Também ocorre um encurvamento das direções mais antigas pelas mais novas. Muitas das falhas desta zona, consideradas de empurrão, são em realidade, transcorrentes ou normais.
- 4) A norte e leste das duas faixas móveis, situa-se o Craton do São Francisco constituído por terrenos arqueanos.
- 5) Numerosos fragmentos arqueanos ocorrem no interior das faixas móveis N - NE e NW, tais como, o Complexo de Silvianópolis, os granulitos da região de Machado (Fiori e Choudhuri, 1979) e na área costeira.
- 6) Para o entendimento da evolução da área em foco foi fundamental a introdução do conceito de cinturão móvel, que corresponde a faixas lineares geodinamicamente ativas, caracterizadas por fluxo de calor e deformações plásticas lineares. A sua caracterização se faz baseado em critérios estruturais, petrográficos e geocronológicos. Por tratar-se de zonas de fraqueza da crosta terrestre, as faixas móveis estão sujeitas a sucessivas reativasões, resultando na superposição de sucessivos cinturões móveis. Uma das implicações importantes no conceito de faixas móveis é a desvinculação do fluxo de calor, da deformação, da natureza e da idade das rochas, que podem ser tanto metamórficas quanto sedimentares, do tipo "geossinclinal" ou de cobertura. cogenéticas ou muito mais antigas em relação à fase geodinâmica da faixa móvel.
- 7) Ainda no cruzamento de cinturões móveis desenvolvem-se rochas com características petrográficas, estruturais e geocronológicas muito complexas. Quanto ao aspecto petrográfico são reconhecíveis novas fases de deformação, recristalização e paragêneses em desequilíbrio sob aspecto de temperatura e pressão. No aspecto estrutural demonstram deformações polifásicas e policíclicas,

resultando em padrões de interferência estrutural típicos. Sob o aspecto geocronológico ocorrem na área em foco os seguintes tipos de idades:

a) Datações Rb/Sr arqueanas, transamazônicas, uruaçuanas, brasileiras parciais do sistema isotópico. Neste caso é comum a ocorrência de paragênese em desequilíbrio, associações entre parageneses de alta a baixa pressão e de alta a baixa temperatura.

b) Idades K/Ar com os mesmos valores das datações Rb/Sr.

c) Rochas com idades Rb/Sr mais antigas que as idades K/Ar. Estas datações são de grande importância para a interpretação da evolução geológica, quando comparadas com dados petrográficos e estruturais que denotam caráter polifásico ou policíclico. Este é o caso de muitas datações na parte W da região aqui focalizada (Cordani e Bettencourt, 1967; Delhal et al., 1969; Hasui e Almeida 1970; Hasui e Hama, 1972; Cordani et al., 1973; Cordani, 1973; Oliveira, 1973; Wernick et al., 1976; Fiori et al., 1978; Artur et al., 1979).

8) A evolução regional pode ser assim resumida:

a) Formação de um grande segmento crustal arqueano.

b) Implantação do Cinturão Móvel Atlântico, bordejando o "Ancient gneissic complex". A evidência da existência de outras faixas granulíticas arqueanas no interior destes complexos sugere a existência de vários cinturões móveis já no Arqueano.

c) Implantação do Cinturão Móvel Paraíba, cujo metamorfismo parece crescer de oeste para leste (Grupo Araxá para o Grupo Paraíba).

d) Implantação do Cinturão Móvel Araxá (ou Araxá-Canastra) por ação de fluxo de calor e reorganização estrutural de terrenos - arqueanos e transamazônicos, seguindo a direção noroeste. O limi

te sul deste cinturão móvel situa-se aproximadamente ao longo da linha São José do Rio Pardo - Campos do Jordão a norte da qual torna-se patente o encurvamento das direções estruturais NE para NW e observam-se nítidos padrões de interferência estrutural (Fiori et al., 1978), caso observado na área de Machado, Luminárias, Parizópolis e Bom Jesus de Minas, entre outras.

e) Implantação do Cinturão Móvel Ribeira, cujo metamorfismo e intensidade de deformação aumentam de NW para SE. A SE de uma faixa de transição localizada aproximadamente entre Lima Duarte e Campos de Jordão, a reorganização estrutural segundo a direção NE foi tão intensa que as estruturas NW nas rochas pré-brasilianas deixam de ocorrer de maneira clara. Possível implantação do Cinturão Móvel Canastra cuja idade brasileira é altamente questionável.

f) Ativa movimentação ao longo da zona rúptil Cássia-Barbacena, formada principalmente por falhas WNW e ENE através de movimentação, rotação e basculamento de blocos tectônicos ao longo de falhas transcorrentes, normais e de cavalgamento, ao longo de falhas de empurrão. A S e W desta zona rúptil movimentações principalmente ao longo de grandes falhas transcorrentes com direção NE e ENE na faixa móvel NE são responsáveis pelo arcabouço geológico ora observado, caracterizado pela justaposição de blocos tectônicos com características distintas. Na zona rúptil Cássia-Barbacena ocorrem, por influência de falhas possantes e próximas à reorganização estrutural das direções NE e NW, que passam a ter disposição paralela aos grandes falhamentos.

g) Sucessivas reativações fanerozóicas com a retomada das falhas pré-cambrianas em regime de falhas normais, com formação de "horst" e "graben" acompanhados de erosão e sedimentação.

Pela interação das faixas móveis N-NE e NW com a zona rúptil Cássia-Barbacena, resulta aparentemente um grande arco. Este foi interpretado por diversos autores como correspondendo a uma faixa de dobramento brasileiro amoldado em torno do Craton de

São Francisco e cuja continuidade mostra-se interrompida localmente pela erosão fanerozóica. Entretanto, este arco é constituído por unidades tectônicas muito distintas que se desenvolveram em épocas diferentes. Assim, o arco em questão é uma feição policíclica, heterogênea e desprovida de continuidade petrológica e geocronológica, resultando apenas do predomínio das direções estruturais ora de uma, ora de outra das unidades geotectônicas que ali ocorrem.

- 9) Sob este aspecto o "Maciço de Guaxupé", na concepção de Almeida et al. (1976), deixa de existir para passar a ser simplesmente um nó estrutural de intersecção das faixas móveis NNE e NW. Por corresponder a uma área onde os dobramentos NE ligados ao Ciclo Brasileiro são pouco energéticos, passa a representar uma posição chave para o entendimento da evolução geológica regional. Isto se deve ao fato de ali estarem áreas arqueanas em cuja litologia se manifestaram sucessivamente todos os fenômenos evolutivos que ali ocorrem (Fiori e Choudhuri, 1979).
- 10) O modelo geotectônico aqui desenvolvido e sugerido como aplicável na área em foco, tem correspondência em outras partes do mundo, principalmente na África (Kröner, 1977 a.b.). Entretanto, a sua aplicação a outras áreas da Plataforma Sulamericana implica na adoção da definição de craton segundo Anhaeusser et al. (1969), que limita este termo a áreas arqueanas estáveis e delimitadas por faixas móveis mais jovens, não necessariamente isocronológicas.

Ainda dentro deste modelo geral o Complexo Campos Gerais corresponderia ao embasamento arqueano fortemente cisalhado ao longo da faixa rúptil Nova Resende-Barbacena. Esta conjuntamente segundo Wernick et al. (1979) o maciço de Guaxupé como sendo uma cunha tectônica rígida do fim do Ciclo Brasileiro (Fig. 12). Esta evolução pode ser assim sumariada:

- a) Ao fim do Ciclo Brasileiro a região em foco foi palco de uma intensa tectônica rígida, que se revela através de grandes zonas rúpteis, tanto de natureza transcorrente quanto de empurrão.

- b) A análise de ambos os tipos de zonas rúpteis indica que elas são coerentes entre si e compatíveis com um processo de encurtamento crustal sob a ação de esforços compressivos, com direção geral entre E-W e ENE- WSW.
- c) Como resultado destes esforços ocorreram dois mecanismos de encurtamento crustal. O primeiro ocorre através do desenvolvimento de longas falhas de empurrão, ao longo das quais ocorre extensivo transporte de massas de W para E. Este mecanismo acha-se desenvolvido na porção da Faixa Móvel W-S, situada a W do Craton do São Francisco. O segundo consiste na interdigitação de cunhas rígidas em faixas móveis rígido-plásticas. Este mecanismo acha-se desenvolvido na parte SW e S do Craton do São Francisco, onde ocorre a indentação do Maciço do Guaxupé, nas faixas móveis NW e N-NE ali presentes. Ligada à indentação do Maciço do Guaxupé, desenvolveram-se duas grandes zonas rúpteis de natureza transcorrente, a Carandaí-Mogi Guaçu e a Nova Resende-Barbacena, respectivamente, dextrogiра e levõgiра. A cada uma das zonas rúpteis está conjugado um sistema de falhas transcorrentes, representadas pelos sistemas de falhas Eleutério-Campinas e Cassia-Fortaleza de Minas, que guardam uma relação angular em torno de 140° com as zonas rúpteis principais. Na parte frontal da cunha tectônica desenvolveu-se uma série de falhas de empurrão com traço em forma de arco, cuja concavidade é dirigida para o interior da cunha rígida. Ao longo destas falhas ocorreu transporte de massas W-WSW para E-ESE.
- d) A coexistência de dois mecanismos de encurtamento crustal em áreas próximas, leva ao desenvolvimento de uma tectônica de blocos extremamente complexa e cuja análise em detalhe é necessária para a comprovação do modelo preliminar aqui apresentado.
- e) Uma vez comprovado o modelo, o mesmo terá que ser compartilhado com os modelos de evolução ensiânica admitido por vários autores para as faixas móveis que se desenvolveram durante o Ciclo Brasileiro.

O quadro 1 tenta mostrar as possíveis relações e discrepâncias existentes entre os diferentes trabalhos acima mencionados".

4. GEOLOGIA LOCAL

4.1. INTRODUÇÃO

As diferentes litologias presentes nos arredores de Fortaleza de Minas (MG) (fig. 14, 15 e 16) podem ser reunidas em três unidades litoestratigraficamente distintas. A primeira e mais antiga, encerrando rochas de alto grau metamórfico, tem recebido diferentes designações pelos diferentes autores que atuaram na área, tais como, Complexo Precambriano Indiviso, Complexo Campos Gerais, Embasamento Cristalino, etc. Todos os autores (Brandalise et alli (1972); Silva e Seixas (1977); Teixeira (1979 a,b) ressaltam de maneira geral que esta unidade é constituída por rochas migmatíticas-gnáissicas. A segunda unidade é representada por uma sequência vulcano-sedimentar de forma alongada e com orientação SE-NW, compreendendo serpentinitos, clorita-tremolita xistos, talco-carbonato xistos, quartzitos, cherts ferríferos e/ou grafitosos e anfibolitos que segundo Teixeira (1979 a,b) corresponderia às raízes de um "greenstone belt". A terceira unidade é constituída por rochas metassedimentares pertencentes ao Grupo Araxá. Estas litologias podem ser vistas no modelo litológico estrutural e estratigráfico de Teixeira e Dani (1978, 1979 a,b) (fig. 14 e 15). De maneira sumária a interpretação de Teixeira e Dani é a seguinte:

- Ocorrem na área rochas de idade arqueana pertencentes ao Complexo Pré-Cambriano Indiviso de Brandalise et alli (1971).

- Sobre este complexo desenvolveu-se uma sequência vulcano-sedimentar também de idade arqueana denominada "SEQUÊNCIA MORRO DO FERRO", constituída por três unidades litoestratigraficamente distintas a saber:

- "Unidade Morro do Níquel" (basal) com vulcanismo ultrabásico e composição komatítica,

- "Unidade Córrego Salvador" (intermediária) com vulcanismo básico, e

- "Unidade Morro do Ferro" (superior) predominantemente sedimentar.

Estas unidades (Embasamento Cristalino e Sequência Morro do Ferro)

FIG. 14 — MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE FORTALEZA DE MINAS - MG

- RES. VULCAN. SEDIMENTAR**
- UNIDADE MORRO DO FERRO**
 Filitos sericiticos, metachert ferrifero (C) cloritoide xistos, metacalcários.
- UNIDADE Córrego Salvador**
 Epidoto-tremolita-clorita xistos, metarilitos chert ferrifero e xistos magnesianos.
- UNIDADE MORRO DO NIQUEL**
 Xistos magnesianos (talco, serpentina, tremolita, clorita), metatufos ácidos, metachert, wacke feldspático, corpos de serpentinita.
- EMBASAMENTO**
- PCa** Ortognaisses e migmatitos leucocráticos com faixas de proto e blastomilonitos.
- +** Granitos e granodioritos cataclásados

- GRUPO ARARA / FORMAÇÃO CANASTITA**
- Filitos sericiticos e cloriticos, lentes de metacalcário
- Quartzitos sericiticos macios e laminados, Tufo de Cristal
- Muscovita-xistos e quartzitos.
- Muscovita-biotita xistos feldspáticos muscovita-quartzo xistos paragneisses
- Granada-muscovita xistos com lentes de cianita xistos, oligoclásio-biotita xistos.

SÍMBOLOS

- Contato geológico
- Eixo de antiforme com caimento
- Eixo de sinforme com caimento
- Falha discriminada
- Falha inferida
- Superfície de cavalgamento
- * * Textura spinifex
- Estrada asfaltada
- Estrada de terra
- Drenagem
- Cidade

Fig. 15

**COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA
COMPLETA DO CINTURÃO
VULCANO-SEDIMENTAR
MORRO DO FERRO**

Extraído de Teixeira 1980

comporiam localmente uma estrutura do tipo "greenstone belts", que serão descritas com maiores pormenores nos capítulos que se seguem

- Recobrimdo discordantemente as rochas do embasamento cristalino e da sequência Morro do Ferro, ocorre o Grupo Araxã.

4.2. O GRUPO ARAXÃ

Ainda segundo os mesmos autores pode-se reconhecer localmente neste grupo uma sequência basal "Passos" e uma sequência superior "Itaú". A sequência intermediária e superior constituem a "Formação Canastra". Localmente este grupo acha-se lançado sobre o embasamento siálico, através de uma extensa nappe gerada por dobramentos recumbentes causando uma total inversão do Grupo Araxã, e colocando em contato com o embasamento e "Sequência - Morro do Ferro", rochas da "Sequência Itaú" na facies dos xistos verdes, estruturalmente abaixo da "Sequência Passos" na facies anfibolítica (fig. 14 e 15). sendo necessário ressaltar que Brandalise et al (1971) descrevem mais a oeste, nas proximidades da Serra da Canastra, rochas desta mesma formação empurradas sobre pelitos do Grupo Bambuí. No entanto a área delimitada pelas falhas de Fortaleza de Cima e Brabinha, fig (16), constituída por rochas da Sequência Itaú de Teixeira (op. cit), foi mapeada na escala 1:1000 por uma equipe de geólogos integrada pelo presente autor. Esse mapeamento, que foi acompanhado por cerca de (30) trinta furos de sonda com uma profundidade média de 40 metros, permitiu a caracterização das seguintes associações litológicas: fig.(16).

4.2.1. ASSOCIAÇÃO DE METARENITOS E METASSILTITOS

Representada localmente por uma sucessão de metaarenitos e metassiltitos de coloração avermelhada a amarelada e de baixo grau metamórfico. Os meta-arenitos são de granulometria fina a muito fina, lamíticos e ligeiramente micáceos, passando gradativamente a metassiltitos também micáceos. De um modo geral não apresentam foliação tectônica, sendo que localmente podem exibir

incipiente clivagem planoaxial de dobras abertas. Nestes casos é possível reconhecer ainda, uma nítida convergência da foliação para o centro da dobra. O acamamento sedimentar pode ser reconhecido por finas lâminas argilosas ou arenosas alternadas e de coloração escura. Frequente nos meta arenitos é a presença de dobras convolutas, desarmônicas e rompidas.

Os metassiltitos frequentemente exibem laminação rítmica, dada pela alternância de lâminas de siltitos e folhelhos de cores amareladas e brancas. Localmente exibem incipiente clivagem plano-axial e microdobras, que dão origem a lineações em duas diferentes direções: $L_b = 310/23$ e $L_b = 220/80$

4.2.2. ASSOCIAÇÃO DE TALCO-TREMOLITA XISTO

O talco-tremolita xisto quando alterado é uma rocha de cor esverdeada, microcristalina e sedosa ao tato, apresentando duas foliações bem desenvolvidas. Ocorre na forma de corpos tabulares, concordantes com as litologias encaixantes e apresenta intercalações de quartzo-clorita xisto que quando alterados apresentam cores avermelhadas. A xistosidade S_1 , mais antiga, presente no talco-tremolita-xisto, é uma xistosidade típica, com os microlitos apresentando espessuras submilimétricas. A foliação S_2 afeta a xistosidade S_1 e é caracterizada por microlitos mais espessos, da ordem de 1 a 3 mm. Normalmente a xistosidade S_1 , adquire a forma de S entre dois sucessivos planos de foliação S_2 (Fig. 19b). Frequentemente formam estruturas como "kink bands" e dobras em "chevron" (Fig. 19 A), desenhadas pela xistosidade S_1 . Em alguns afloramentos verificou-se que a xistosidade S_1 desenvolve-se em posição plano-axial de dobras isoclinais, parcialmente preservadas, evidenciando uma fase de dobramento muito intensa, atingindo níveis de transposição (Fig. 19C). A foliação S_2 apresenta características cataclásticas.

Algumas vezes o talco-tremolita xisto ocorre sob a forma de finas intercalações nos metassiltitos. Em outros locais restos ainda parcialmente preservados de meta-calcário podem ser vistos dentro do talco xisto e ou clorita xisto.

4.2.3. ASSOCIAÇÃO DE META-CALCÁRIOS E FOSFORITA

Localmente estes dois tipos litológicos ocorrem sempre associados, formando corpos disruptos de dimensão decamétrica e obedecendo a orientação regional N60W. Os meta-calcários, quando em superfície, ostentam coloração cinza, formas irregulares devido à sua alta solubilidade e não raramente apresentam-se silificados e brechados, originando típicas estruturas kársticas.

Nos locais onde os processos de silificação foram mais intensos mostram formas irregulares e ponteagudas. A dissolução do meta calcário atinge profundidades elevadas, de até 40 metros, onde é comum encontrarem-se espaços vazios durante as perfurações.

Suas maiores espessuras em superfície atingem a ordem de 10-15 metros, valores estes também confirmados em sondagens, havendo no entanto variações desde 1,5 m até 51 metros. Em testemunhos de sondagem apresentam-se enriquecidos em sulfetos, geralmente pirita, e apesar da associação com fosforita, nunca contêm mais que traços deste minério, a não ser nas estruturas kársticas. Exibem uma foliação S_2 bem desenvolvida e dobras isoclinais intra-foliares disruptas, atestando uma superposição de eventos de redobramentos, porém mascarados por efeitos de recristalização, típicos nestas litologias.

A fosforita em superfície é uma rocha laminada, porosa de cor esbranquiçada com níveis acinzentados e elevada dureza. Ocorre na forma de camadas, cuja espessura média varia em torno de 5 metros em superfície e 5 a 7 m em sub superfície. Graças à sua alta solubilidade permite a formação de relevos cársticos geralmente substituída por espessa capa de brecha.

Quando alterada dá origem a um material terroso, de coloração escura, bastante friável e enriquecido em drusas aciculares de fosfato secundário (vavelita). As camadas não alteradas podem também apresentar o desenvolvimento de vavelita, perpendicularmente às paredes dos poros sob forma de pequenas acículas.

As camadas de fosforita formam corpos tabulares e disruptos perfeitamente concordantes com as litologias encaixantes - (clorita xisto). Apresentam duas foliações bem desenvolvidas e são

frequentes dobras intrafoliares disruptas, normalmente desenhadas por uma foliação pré-existente. A foliação mais evidente aí é S_2 , - de direção geral N70W subvertical, e caracterizada pela grande es p^{ess}ura de seus microlitos (1 a 3 mm) e por afetar uma foliação - pré-existente S_1 , mascarada por fenômenos de recristalização nessa rocha.

Como principais constituintes mineralógicos ocor rem fluor apatita, vavelita e quartzo. Análises químicas para fos fato solúvel em ácido mostram teores variáveis entre 30 a 38% de P_2O_5 , com uma média de 35%.

4.2.4. ASSOCIAÇÃO DE SERICITA-QUARTZO XISTO E CLORITA XISTO

Esta associação compreende todas as litologias - como sericita quartzo xisto, clorita xisto e clorita-sericita xis to. É muito freqüente e ocorre estratigraficamente ora acima, ora abaixo dos corpos de meta-calcário e fosforita. São rochas de colo ração cinza esverdeada, apresentando normalmente duas foliações bem desenvolvidas, ou seja S_1 e S_2 . Estruturas tais como "kinkbands", do bras em "chevron", de flexão de xistosidade S_1 entre dois planos de foliação S_2 (estruturas sigmóides) são extremamente abundantes. Es sas litologias passam gradativamente de um tipo a outro, sendo di fícil a sua separação em campo, mesmo na escala 1:1.000.

4.2.5. FORMAÇÕES FERRÍFERAS

Pequenos corpos e níveis de formação ferrífera também ocorrem nesta área quer associados aos calcários que associa dos aos calcários quer associados à fosforita. Suas dimensões, for ma, bem como seus principais constituintes mineralógicos, serão - descritos no capítulo referente à unidade Morro do Níquel.

Obviamente estas litologias não pertencem à Se quência Itaú de Teixeira. A inserção destas associações litolôgi - cas na coluna estratigráfica de Teixeira (op. cit), não pode ser efe tuada sem modificações.

4.3. ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO

Bordejando a unidade vulcano-sedimentar, quer no seu contato norte quer no seu contato sul, ocorrem rochas do embasamento (Fig. 16) localmente representadas por:

-Anatexitos dos tipos nebulíticos,"schlieren" e dobrado, na forma de pequenos corpos descontínuos e com espessura variando desde poucos centímetros até vários metros (foto 1).

-Gnaisses embrechíticos caracterizados por um "padrão riscadinho"-que se manifesta pela falta de continuidade dos leitos claros e escuros e por seu aspecto cisalhado (fotos 2,3).Exibem estrutura ocelar, flaser, podendo ser equigranular ou porfiróide.

-Migmatitos estromatíticos de injeção, no qual o neossoma tem composição granítica, granulação grosseira e ocorre na forma de camadas de espessura centimétrica, mais ou menos contínuas, pouco deformadas e cujo paleossoma é representado pelos gnaisses embrechíticos (foto 6).

- Gnaisses ocelares, caracterizados pela presença de "augen" milimétrico a centimétrico em matriz gnáissica. Os "augens" milimétricos a centimétricos ocorrem em matriz gnáissica. Os "augens" são principalmente de 3 tipos: - olhos monominerálicos e unigranulares constituídos por microclina e/ou oligoclásio.

- olhos monominerálicos e poligranulares constituídos de microclina/oligoclásio.

- olhos poliminerálicos (associações de microclina e/ou oligoclásio com quartzo).

De maneira genérica os leitos com coloração mais escura (paleossoma ou melanossoma) são formados de feldspatos(principalmente oligoclásio),quartzo e minerais máficos. Os leitos de coloração clara que constituem o neossoma ou leucossoma são compostos principalmente por microclínio, predominantemente cinza rőseo, quartzo e plagioclásios.

FOTO 1 - Anatexitos do tipo nebulítico schlieren e dobrados com início de transposição

FOTO 2 - Migmatito do tipo embrechítico

FOTO 3 - Migmatito embrechítico cisalhado

FOTO 4 - Migmatito com dobras isoclinais desenhadas pela foliação.

FOTO 5 - Migmatito com dobras isoclinais redobradas concêntricamente na forma de dobras abertas

FOTO 6 - Migmatito estromático de injeção, onde se observa a alternância de neossoma com bor das gnáissicas

Tanto o leucossoma como também o melanossoma en contram-se dobrados similar e concentricamente, originando complexos padrões de dobramento (Fotos 1, 4 e 5). Datações geocronológicas pelo método Rb/Sr efetuadas por Wernick et al^{ri}, 1981, forneceram uma idade de 2.9 b.a. para o leucossoma destas rochas.

Com base nas observações acima descritas pode-se concluir com certa segurança que a evolução estrutural aventada por Fiori (1979) para rochas semelhantes no Complexo Silvianópolis, também é aplicável para os arredores de Fortaleza de Minas, podendo-se traçar localmente a seguinte evolução:

- Migmatitos gerados por processos de anatexia "in situ" (Foto 1)
- Sobre estes migmatitos atuou uma fase de dobramento F_{n+1} gerando dobras similares geralmente com ápices rompidos e forte transposição em posição plano axial, foto (1). O resultado mais enérgico desta transposição levou à formação de gnaisses embrechíticos fo tos 2 e 3).
- Durante a formação destes gnaisses houve uma nova fase de migma tização do tipo injeção, com o neossoma dispondo-se concordantemente com a foliação do paleossoma. Este processo tem caráter sin a pós-tectônico, evidenciado pelo neossoma ora cisalhado ora pouco deformado. foto (6).
- Posteriormente atuou nestas litologias uma fase de dobramento F_{n+2} que gerou dobras fechadas a isoclinais desenhadas pela foliação de transposição (foto 4).
- Finalmente nova fase de dobramento F_{n+3} atuou sobre estes migma titos dobrando a foliação de transposição, pela segunda vez, agora sob forma de dobras abertas, foto (5).

4.4. SEQUÊNCIA VULCANO-SEDIMENTAR (UNIDADE MORRO DO NÍQUEL)

Embutidas nas rochas que compõem o embasamento cristalino ocorrem rochas metabásicas e/ou meta-ultrabásicas em in tima associação com rochas metassedimentares.

Estas rochas constituem corpos estritos (máximo

de 2 Km de largura) descontinuos na forma de macroboudins muito irregulares, compondo uma faixa contínua de cerca de 50 Km de comprimento, orientada segundo a direção regional N50 - 60W. Outras associações litológicas similares ocorrem regionalmente, tanto a leste da área em foco (Alpinópolis) quanto ao sul (Jacuí, Nova Rezende) também implantadas num embasamento cristalino com características similares às descritas no item 4.3. (Projeto Jacuí, (1980), Projeto Alpinópolis (1981)).

Os contatos, entre esta unidade e o embasamento cristalino, são abruptos, de natureza tectônica. Localmente tem-se a falsa impressão de contatos progressivos, causados por fenômenos de transposição. De igual modo são os contatos entre as diferentes litologias componentes desta unidade (Fig. 16 e 17)

4.4.1. ROCHAS VULCÂNICAS

Macroscopicamente as rochas vulcânicas exibem - quase sempre coloração esverdeada a cinza escura quando não alteradas e via de regra apresentam estrutura xistosa, mas tipos maciços também ocorrem. Apresentam-se comumente dobradas, sendo comuns dobras similares e concêntricas, a exemplo do que foi descrito no embasamento. Petrograficamente estas rochas são representadas pelos seguintes tipos:

- 4.4.1.1. Actinolita xisto
- 4.4.1.2. Clorita xisto
- 4.4.1.3. Talco xisto
- 4.4.1.4. Serpentinitos

4.4.1.1. Actinolita xisto - Sob esta designação serão tratadas todas as litologias que têm como principal constituinte mineralógico a actinolita, englobando as seguintes litologias:

actinolita e/ou tremolita xisto
clorita-actinolita xisto
talco-actinolita xisto

epídoto-actinolita xisto
 clorita-talco-actinolita xisto
 epidoto-clorita-actinolita xisto

Esta generalização torna-se necessária uma vez - que elas ocorrem intimamente associadas, ora predominando um tipo, ora predominando outro, sendo quase impossível separá-los mesmo na escala adotada.

Possuem coloração verde clara quando frescas, tendendo a amarelada ou avermelhada quando alteradas. Predominam estruturas xistosas, embora tipos maciços também ocorrem. De um modo geral os minerais essenciais são representados por actinolitas, cloritas e talco, sendo que alguns tipos são portadores de plagioclã-sio e epídoto. Os minerais acessórios e secundários são representa-dos por titanita, zoisita, rutilo, leucoxênio, carbonatos e opacos.

Nos tipos maciços podem se observar agrupamentos de cristais de actinolitas (pseudomorfos de piroxênio), com formas curtas, prismáticas, esqueléticas e plumosas, evidenciando textura do tipo quench. Localmente existem alguns corpos onde podem-se observar nitidamente duas gerações de actinolita: uma mais evidente, paralela à xistosidade regional N30-40W, exibindo formas fibrosas, com acículas atingindo até 3 cm de comprimento, conferindo à rocha uma estrutura fibro radiada típica de metamorfismo regional. A segunda, menos evidente, mostra grandes cristais de tremolitas de até 5 cm de comprimento, perpendiculares à xistosidade regional e não raramente estão dobrados (Fotos 7 e 8) respectivamente. Teixeira (1979 a,b) descreve estas formas a SW do Morro do Níquel (Uni-dade Morro do Níquel) sugerindo tratar-se de texturas spinifex, tendendo em vista que muitos destes cristais apresentam formas que lembram pseudomorfos de olivina, e que o quimismo desta unidade é komatiítico. Em adição às idéias de Teixeira(op.cit), podem observar-se grandes cristais de tremolitas e/ou actinolitas que invocam formas cumuladas (fotomicrografia 1). Apesar disto achamos prematura qualquer interpretação quanto à textura destas rochas, e o que se pode afirmar com segurança é que:

- Existem na área duas gerações distintas de actinolita, sendo que

FOTO 7 - Actinolita xisto exibindo grandes cristais fibrosos de actinolita e conferindo à rocha uma estrutura fibrorradiada desenvolvida durante o metamorfismo regional.

FOTO 8 - Actinolita xisto (detalhe da foto 12) onde se vê outra geração de cristais de actinolitas, não raramente dobrados e perpendiculares à xistosidade regional.

uma é concordante com a xistosidade regional, enquanto que a outra é perpendicular, e não raro estão dobradas. A primeira é produto do metamorfismo regional em rochas básicas/ultrabásicas, e máficas/ultramáficas e não está relacionada com tal textura (Foto 7). A segunda (Foto 8) mais antiga, poderia realmente ligar-se a tal estrutura, mas levando em conta o padrão de deformação na área, boa parte das estruturas que são pseudomorfos e que lembram cumulos de piroxênio (fotomicrografia 1) e/ou olivina (fotomicrografia 2) formas ovóides, repetem-se em todas as escalas (mapa geológico, afloramento, amostra de mão e microscopicamente).

Texturalmente os cristais de actinolita apresentam-se fraturados na forma de grandes ou pequenos cristais (fotomicrografia 3), e quando muito deformados lembram formas boudinadas. Possuem textura blastoporfirítica (fotomicrografia 4), podendo mostrar-se levemente crenulados e sua coloração varia de incolor a verde pálido/verde azulado, num arranjo nematoblástico.

Intersticialmente podem ocorrer epídotos e menores quantidades de plagioclásios não geminados (fotomicrografia 1). As cloritas ocorrem principalmente na forma de pequenas palhetas - bem finas ocupando planos de cataclase (fraturas) ou ainda nos planos formados pela xistosidade regional onde se posicionam de maneira subparalela ou então na forma de massas irregulares, com aspectos placóides. Ostentam sinais de deformações comumente ressaltados principalmente por "kinkbands" (fotomicrografia 5) ou ainda por uma textura em mosaico dobrado (fotomicrografia 6). O talco ocorre na forma de pequenas palhetas ou em agregados inter cruzados com cristais de actinolita, também exibindo deformações. Minerais de epídoto são mais raros e geralmente ocupam planos de fraturas. - Como produto de alteração mais comum, observa-se a cloritização total ou parcial dos cristais de tremolita, cuja alteração se faz - das bordas para o centro, ou nos planos formados por cisalhamento. Processo de talcificação também pode desenvolver-se para o centro.

4.4.1.2. Clorita xisto - Sob esta designação, a exemplo do procedimento adotado anteriormente, serão tratadas as seguintes litologias:

- clorita xisto
- serpentina-clorita xisto
- quartzo-clorita xisto
- talco-clorita xisto
- actinolita - talco - clorita xisto

As razões para esta generalização são as mesmas já descritas anteriormente. São rochas de cor verde, tornando-se a cinzentadas e avermelhadas respectivamente quando pouco ou muito alteradas e via de regra apresentam xistosidade proeminente.

Microscopicamente podem-se observar termos quase monominerálicos, onde a clorita ocorre sob forma de palhetas e a gregados minerais, desenvolvida ao longo dos planos de xistosidade, ou sob a forma de placas. Essas placas comumente exibem deformações expressas por "kinkbands", texturas em mosaico também dobradas fo tomicrografia 6 e 7, além do desenvolvimento de uma segunda folia ção. Como raros acessórios ocorrem pequenos cristais octaédricos de magnetita.

Nas variedades com talco e tremolita podem-se ob servar crenulações perpendiculares a restos preservados de mega - cristais de actinolita e ao longo destes desenvolve-se o talco, co mumente exibindo estruturas sigmoidais. A tremolita não se encontra crenulada, apesar de seguir parcialmente a crenulação em alguns lo cais. Leitos de talco cortam os cristais de actinolita fotomicrogra^fia (fotomicrografia 8), o que evidencia a formação posterior des te mineral.

É ainda comum a presença de quartzo nesta litolo gia variando desde 1 até 30% e quando ele ocorre, ocupa espaços - deixados por pseudomorfos (fotomicrografia 9) e fraturas na rocha, dispersos na massa clorítica. Ocorre sob forma de cristais bem de senvolvidos quando nos planos de cataclase, e na forma de pequenos cristais, quando dispersos na clorita, exibindo textura cataclásti^{ca} entre o tipo serrilhado e lobado, sendo que o conjunto lem bra formas boudinadas. Posteriormente à formação do quartzo houve o desenvolvimento de uma nova xistosidade que chega a afetá-lo le vemente. O fato deste quartzo estar sempre em fraturas com hati - tos radiais dobrados sugere que a sua presença está relacionada a

processo de remobilização ocorrido antes ou durante a última fase de cisalhamento que afetou a área. (fotomicrografia 10).

Os processos de alteração mais comuns observados são a cloritização, que se desenvolveu nas fraturas e nas bordas dos cristais de tremolita, a talcificação que também afeta os cristais de tremolita além da silicificação, com sílica ocupando planos de fraturas ou substituindo totalmente alguns pseudomorfos.

4.4.1.3. Talco xisto - mantendo o mesmo procedimento dos dois tópicos anteriores, este termo designa as seguintes litologias:

- tremolita-talco xisto
- serpentina-talco xisto
- tremolita-clorita talco xisto
- carbonato-talco xisto

Macroscopicamente são rochas de coloração esverdeada clara a cinza quando frescas e amareladas nas partes mais alteradas. São rochas de pequena dureza, sedosas ao tato, e dependem do conteúdo em talco, apresentam estruturas planares ou compactas (mais comum). O carbonato quando presente confere a estas litologias um aspecto manchado devido a sua fácil alteração, que então mostram cores castanho avermelhadas (foto 9).

Os termos com carbonatos são frequentes e ocorrem dispersos entre os vários tipos litológicos aí presentes. São raramente formam corpos mapeáveis. Basicamente os termos portadores de carbonatos podem ser agrupados em 2 classes principais. A primeira inclui talco xisto, salpicado de manchas de carbonatos, enquanto que na segunda essas manchas de carbonatos adquirem maiores dimensões (Foto 9), embora termos transicionais também possam ocorrer. Pode-se observar, localmente no campo, a transição de termos mais pobres para termos mais ricos em carbonatos, à medida que aumenta o tamanho das manchas de carbonato.

Microscopicamente estas rochas são constituídas essencialmente por talco, na forma de finas palhetas dispostas subparalelamente à xistosidade regional, ou entrecruzadas com distribuição caótica representando um máximo de 75% dos minerais presen

tes. Os carbonatos podem ser observados na forma de grandes manchas ou cristais dispersos numa matriz de talco atingindo uma proporção máxima de 25%. Cristais, restos ou pseudomorfos de tremolitas também podem ser observados na forma de prismas alongados e secções - basais idioblásticas, dispersos pela rocha, sendo que na maioria - das vezes o que se observa são os moldes deste mineral. De modo ge - ral essas rochas apresentam-se crenuladas, com desenvolvimento de clorita nos planos de crenulações. Minerais opacos também estão pre - sentes nestas litologias em proporções de até 3%.

Os processos de alteração mais comumente obser - vados nestas litologias são a cloritização, talcificação e carbona - tização dos cristais de tremolitas.

Tendo em vista o interesse econômico representa - do por essas litologias, os termos mais ricos em talco, quando pos - sível, foram separados em campo tendo em vista a sua composição - próxima à dos esteatitos.

4.4.1.4. Serpentinitos - São rochas de coloração cinza escura, quando frescas, tendo a coloração esverdeada, amare - lada e avermelhada quando alteradas. Exibem estruturas compactas e sô raramente observa-se estrutura xistosa.

O seu principal constituinte mineralógico é a serpentina, provavelmente antigorita, embora também ocorram em quantidades variáveis tremolita, talco e opacos. Os minerais de serpentina apresentam-se na forma de finas fibras formando texturas do tipo "netlike" e "crossfiber", envolvendo massas de talco (foto micrografia 2 - 3) devendo se tratar de antigorita.

Tremolita, quando presente ou identificável, ocor - re nas formas de grandes cristais, parcial ou totalmente cloritiza - dos, bem como de cristais menores fibrosos e radiados (fotomicro - grafia 11).

Os processos de alteração mostrados por estas ro - chas são a serpentinização, talcificação e cloritização de possíveis cristais de olivinas, sendo que os processos de cloritização e tal - cificação também afetam cristais de tremolitas.

4.4.4. ROCHAS METASSEDIMENTARES

Em íntima associação com as rochas vulcânicas, o correm rochas de origem sedimentar localmente representadas por cherts ferríferos (BANDED IRON FORMATION), cherts esferulíticos, - cherts grafitosos, quartzo xistos grafitosos e quartzitos.

Estas rochas formam corpos estreitos (máximo de 50m de largura), alongados e descontínuos segundo a direção regional N 50 - 60W, adquirindo a forma de macroboudins e via de regra e xibem comprimento muito maior que espessura.

A distribuição espacial destes corpos não mostra preferência por nenhuma encaixante, associando-se a todos os tipos litológicos já descritos (fig. 17).

As relações de contato entre estas litologias e aquelas consideradas como vulcânicas são abruptas e geralmente por falhas.

4.4.4.1. Cherts ferríferos e/ou Grafitosos - A aplicação do termo chert ferrífero e/ou grafitoso deve ser encarado aqui como uma generalização, uma vez que não pretendemos e nem é necessário entrar no mérito das controvérsias existentes na literatura quanto à sua nomenclatura. De qualquer sorte, ao empregar esta terminologia, estamos nos referindo às rochas formadas principalmente por precipitados químicos e bioquímicos, interestratificadas e com mais de 15% de Ferro. Esta terminologia corresponde, de certo modo, à equalização das ideias de Brandt et alii (1972) e Gross (1965).

Macroscopicamente são rochas caracterizadas pelo bandamento ou alternância cíclica de leitos claros e escuros de espassura milimétrica e centimétrica, respectivamente, quartzo, hematita e grafita, sendo que a hematita é dominante. (Foto 10).

Macroscopicamente o quartzo sempre exibe extinção ondulante, bastante cataclástico, dobrado e fraturado, sendo que o conjunto apresenta-se boudinado. Os leitos constituídos principalmente por hematita mostram-se dobrados, mas não apresentam fraturamento ou cataclase. Nos tipos portadores de grafita, o grau de cataclase é maior e mostra cristais de quartzo envolvidos por óxido de

ferro. (Fotomicrografia 12 e 14).

4.4.4.2. Chert Esferulítico - Apresenta-se como rocha de coloração ocre, levemente bandada e com pequenas cavidades exibindo ainda fraturas concôides. Formam localmente, corpos pequenos, com dimensões de no máximo 10 m de comprimento por 5 metros de largura, não sendo possível representá-los em mapa na escala adotada.

Microscopicamente a rocha é constituída por formas silicosas esferulíticas. Cada esferulito é formado por uma pequena cavidade esférica central, envolvida por um anel de calcedônia fibrosa radial, seguida por uma zona com quartzo prismático - bem cristalino, também disposta radialmente.

Manchas castanhas e castanho-avermelhadas de hidróxido de ferro contornam os esferulitos e também podem formar um fino anel próximo aos respectivos núcleos (foto 11 e fotomicrografia 13).

4.4.4.3. Quartzo xisto grafitoso - São rochas de coloração cinza escura, granulação fina, friáveis nas bordas, com finos leitos dobrados de quartzo (fotomicrografia 14 e foto 12) podendo às vezes passar gradualmente para termos mais grafitosos e pobres em quartzo. Formam corpos alongados e concordantes com a xistosidade regional.

Embora essas rochas possam ser provenientes de sedimentos silicosos ricos em materiais carbonosos do tipo chert sapropélico e como tal poderiam ser abordadas nos tópicos anteriores, preferimos uma abordagem separada. Isto porque este tipo litológico foi estudado a parte também em vista dos objetivos do nosso trabalho, de cunho metalogênico. Sob este aspecto os quartzo xistos grafitosos devem representar metalotectos favoráveis à concentração de ouro.

Ao microscópio são rochas quartzosas, com bandas de granulação fina, onde os grãos de quartzo incluem grafita pulverulenta. Pequenas palhetas de muscovita dispostas subparalelamente evidenciam os planos de xistosidade das rochas. Bandas incolores, ora paralelas ora dobradas, são constituídas por quartzo xenoblástico.

co de maior granulação. Geralmente nessas bandas não ocorre nem grafita nem muscovita (fotomicrografia Fm - 14).

4.4.4.4. Quartzitos - São rochas de coloração clara, friáveis, e ocorrem dispersos por toda a área mapeada e sempre são encontradas associadas a falhamentos. São corpos alongados e disruptos, com dimensões máxima de 100 m de comprimento por até 20 m de largura.

Ao microscópio são quase monominerálicas, impurificadas por óxido de ferro. Apresentam-se com extinção ondulante e bastante fraturadas.

4.5. CARACTERÍSTICAS PARAGENÉTICAS DA UNIDADE MORRO DO NIQUEL.

Achamos necessário ressaltar aqui que as observações que se seguem estão baseadas apenas nas verificações de campo e em estudos petrográficos principalmente texturais. Willians (1971) mostra que esta abordagem é possível, mas muito trabalhosa, uma vez que a mineralogia primária destas rochas sofre profundas modificações Willians (1978). Conclusões definitivas sobre o assunto necessitam de dados químicos e mineralógicos que não foram obtidos. De qualquer maneira as várias litologias descritas, pertencentes à UNIDADE MORRO DO NIQUEL, se abordadas do ponto de vista paragenético sugerem composições originais correspondentes a rochas ultrabásicas tais como peridotitos, piroxenitos e subordinadamente basaltos. De maneira geral as paragêneses minerais nesta unidade são constituídas essencialmente por talco, tremolita, antigorita, clorita, epidoto, plagioclásio e opacos.

Assim aqueles tipos litológicos portadores de epidoto e plagioclásio (epidoto-tremolita xisto, epidoto-clorita - tremolita xisto), portanto de composição mais cálcica e aluminosa, podem corresponder a litologias basálticas (Fotomicrografia 1).

Os tipos litológicos contendo clorita (primária) tremolita e talco, (clorita-actinolita xisto, talco-clorita-tremolita xisto) podem ser considerados como de composição mais magnésiana e menos cálcica devendo corresponder a rochas piroxení-

ticas (fotomicrografias 5 e 6).

Finalmente, os tipos litológicos portadores de talco com quantidades menores e variáveis de clorita, tremolita, - serpentina e carbonato, bem como tipos com predominância de serpentina (antigorita), ambos mostrando pseudomorfos de olivina, podem ser incluídos em assembléia litológica de composição peridotítica - (fotomicrografias 2 e 11).

FOTO 9 - Talco xisto com manchas (Amarelas) de dimensões variadas de carbonato

FOTOMICROGRAFIA 1 - Actinolita xistos (plagioclásio, actinolita, epidoto e opacos) onde os cristais de actinolita apesar de deformados lembram formas acumuladas

FOTOMICROGRAFIA 2 - Serpentinito com processo de talcificação. As formas ovóides (antigoritas) lembram formas cumuladas ou prováveis formas originais de olivinas

FOTOMICROGRAFIA 3 - Actinolita xisto com arranjo textural nematoblastico dado por formas boudinadas

FOTOMICROGRAFIA 4 - Actinolita xisto com grandes cristais de actinolita fraturados e cataclásticos, bem como textura blastoporfítica.

FOTOMICROGRAFIA 5 - Cloritas predominantemente na Forma de palhetas e placas ocupando planos de cataclase nas rochas ou ainda os planos de xistosidade regional. Observar a deformação evidenciada pelas "kink band"

FOTOMICROGRAFIA 6 - Massas irregulares de clorita com aspecto
placóide formando uma textura em mosaico dobrado.

FOTOMICROGRAFIA 7 - Clorita xisto exibindo deformações evidenciadas por kinkbands e textura em mosaico dobrada. Em meio à massa clorítica pode-se observar restos de pequenos minerais de serpentina. Os opacos correspondem à magnetita.

FOTOMICROGRAFIA *8 - Talco-actinolita-clorita xisto realce de um mega cristal de actinolita preservado em meio a uma massa clorítica intensamente crenulada sendo que esta crenulação mais comumente desenvolve-se perpendicularmente a esses cristais. Pode-se ainda observar a presença de quartzo posterior nas faturas deste e talco em forma sigmoidal nos planos de cisalhamento. Fica bem clara aqui a presença de 2 foliações; a primeira dada pela orientação das tremolitas e a segunda dada pela crenulação da clorita.

FOTO 10 - Cherts ferríferos (à direita) e grafíticos (à esquerda), mostrando bandejamento com leitos mais quartzosos (claros) e/ou grafíticos e hematíticos (escuros). Notar o detalhe (em baixo) de um leito de composição grafítica.

FOTOMICROGRAFIA 10 - Quartzo clorita xisto, com cristais de quartzo ocupando fraturas e sendo levemente afetado pelo desenvolvimento de uma nova xistosidade. Observar sua texturacataclástica.

FOTOMICROGRAFIA 11 - Tremolita-talco serpentinito com cristais fibrosos de tremolita parcial ou totalmente cloritizados. Pode-se observar ainda possíveis olivinas com formas ovulares.

FOTO 11 - Chert esferulítico, levemente bandado, mostrando ainda pequenas cavidades.

FOTO 12 - Quartzito xistoso grafitoso onde se pode observar finos leitos de quartzito dobrado.

FOTOMICROGRAFIA 12 - chert ferrífero (Banded Iron Formation) mostrando a alternância de leitos mais quartzosos e leitos contendo hematitas. Notar o aspecto cataclástico do quartzito.

FOTOMICROGRAFIA 14 - Meta chert grafitoso, mostrando leitos de quartzo dobrado.

FOTOMICROGRAFIA 13 - Meta chert esferulítico, mostrando uma parte esférica central constituída por quartzo, envolvida por um anel de calcedonia, que é envolvido por sua vez por uma zona externa com quartzo bem - cristalizado.

5. ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

5.1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista estrutural, tanto local como regional, Silva e Seixas (1977), Teixeira et al, (1979 a e b) têm invocado para a região a presença de grandes empurrões que se teriam transladados no sentido SW para NE. Estas idéias nos levam à interpretação de que as rochas da área podem ser agrupadas em duas entidades principais: uma sequência autóctone constituída principalmente por migmatitos e gnaisses e litologias da sequência vulcano-sedimentar anteriormente descritas; e uma sequência alóctone que corresponde às litologias do Grupo Araxá. Embora não fosse nossa intenção uma abordagem estrutural no presente trabalho, isto se tornou necessário, como veremos adiante. De qualquer maneira a complexidade estrutural da área é excepcionalmente grande e resulta da interação de dois principais processos de falhamentos (cavalgamento e transcorrência) e dois principais processos de dobramentos (um similar de cisalhamento e outro concêntrico a anisôpaco com flexão, fluxo e cisalhamento).

5.2. METODOLOGIA UTILIZADA

Tendo em vista a existência de grandes empurrões na área, a coleta dos dados estruturais foi orientada visando medições na sequência tida como aloctone, situada entre as falhas "Brabinha de Cima, Fortaleza de Cima e Areias" e nas sequências tidas como autóctones; "Embasamento Cristalino e Unidade Morro do Níquel". Os dados estruturais aí obtidos foram tratados separadamente em diagramas de Schmidt - Lambert (igual área), figura (18).

5.3. TERMINOLOGIA USADA

A terminologia aqui utilizada é aquela comumente encontrada na literatura geológica. O termo "S" refere-se de maneira

ra geral a superfícies planares ostentadas pelas rochas. Assim, no presente trabalho, as superfícies referidas por nós como S_0 correspondem a estruturas primárias sedimentares, especificamente acamamento. Nos calcários e fosforitas essas superfícies ressaltam - se através da alternância de lâminas pelíticas e clásticas. Nos quartzo-clorita xisto, sericita xisto ou xistos em geral, são representadas por variações na cor e na textura em forma de superfícies crenuladas e penetradas por minerais cristalizados nas foliações xistosas, com atitude N60-65W; 45SW (Fig. 18Aa, 18Bo e 18Co)

As estruturas S_1 são planos cerrados de cristalização e recrystalização dos minerais durante o metamorfismo (micas, tremolitas, cloritas, etc.). Via de regra são paralelas ao plano axial de dobras similares isoclinais de cisalhamento. Nas litologias da Unidade Morro do Níquel esta foliação tem atitude dominantemente N50W, sub-vertical, e uma concentração secundária EW; 40N, (Fig 18B₁). Na Sequência "Itaú" predominam atitudes em torno de N50-60W; 40SW além de uma distribuição WNW sub-vertical. (Fig. 18A1).

O que se define como superfície S_2 são planos - pouco espessados de fraturamento e microdeslocamentos com recrystalização de sericita e outros minerais placóides. Ela é paralela a planos de microdobras em "chevron" e de "kink bands" frequentemente rompidos. Sua origem está ligada a um dobramento concêntrico a similar com faixas de mais intenso cisalhamento. Localmente apresenta características de foliação cataclástica com filmes de milonitos na superfície e separação de microlitons sigmoidais. Na Unidade "Morro do Níquel" esta foliação tem orientação N50W sub-vertical, além de uma outra NS; 50E (Fig. 18 B₂). O paralelismo aqui evidenciado entre S_1 e S_2 nestas litologias deve indicar a existência de uma transposição parcial de S_1 por S_2 . Na Sequência "Itaú" a orientação preferencial é N50W; 60SW e N50W; 70NE. A figura 18A2 mostra a existência de 2 polos para a foliação, sugerindo uma forma de guirlanda que deve corresponder dobras concêntricas a em "chevrons" e assimétricas, com possível transporte tectônico para N40E, com baixo ângulo para NW. Este dobramento seria correspondente à deformação que gerou S_3 .

A superfície S_3 representa planos espaçados de

um a dois milímetros, caracterizados pela ruptura de grãos minerais com separação de microlitons por filmes de milonitos. Constitui u ma foliação cataclástica associada a falhamentos e secundariamente associada a dobras. As figuras 18A3 e 18B3 ilustram sumariamente esses planos quer para a Unidade Morro do Níquel, quer para a Se quência Itaú.

5.4. FALHAS

Três principais zonas de falha se destacam, tan to pela sua extensão como pela sua largura: Zona de Falha das A reias, Zona de Falha Brabinha de Cima e Zona de Falha Água Limpa (fig. 16).

A Zona de Falha das Areias situa-se na parte su doeste da área, apresentando direção variável, entre N15W a N-S, e largura média de 250 metros. Une-se à Zona de Falha Brabinha de Ci ma, a oeste de Fortaleza de Minas. Limita a Sequência Serra da Ventania com as sequências Itaú e Morro do Ferro. (fig. 16).

A Zona de Falha Brabinha de Cima é representada por um extenso alinhamento de drenagem. Sua largura, contudo, é bas tante reduzida, sendo da ordem de 10 metros. No entanto sua presen ça pode ser facilmente detectada no campo, pois delimita as rochas do Complexo Pré-Cambriano Indiviso e rochas ultrabásicas da Sequên cia Morro do Ferro. É um alinhamento de direção N30-40W, represen tado por rochas cataclásticas raramente atingindo o grau milonito. Nas proximidades da Zona de Falha das Areias ocorre, no entanto, u ma zona milonítica de cerca de 250 metros de espessura (anexo).

A Zona de Falha Água Limpa é representada por um alinhamento de drenagem bastante pronunciado, sendo demarcado no terreno por uma zona de rochas cataclásticas, com sua largura - maior situando-se na parte norte ao longo do córrego Água Limpa. A sul de Fortaleza de Minas esta zona sofre uma inflexão para N50E, desaparecendo nas proximidades do rio São João. Situa-se inteira - mente dentro das litologias do Complexo Pré-Cambriano Indiviso (fi gura 16).

As falhas das Areias e Brabinha de Cima, têm ca

rãter transcorrente (fig. 16) e fazem parte da zona ruptil Cassia-Barbacena de (Wernick et al, 1979) tendo portanto expressão regional. Tendo em vista a forma e a distribuição local destas falhas - parece-nos serem o resultado dos processos finais de deformação da área, não sofrendo deformações por dobramentos posteriores ou efeitos de metamorfismo. No entanto não se pode descartar a possibilidade destas falhas serem muito mais antigas e terem sofrido reativações sucessivas no decorrer do tempo geológico. Esta idéia torna-se mais consistente quando se verificam falhamentos secundários de baixo ângulo entre estas transcorrencias, que são por sua vez melhor identificados em fotografias aéreas, já que se apresentam recristalizados sendo difícil, portanto, sua observação no campo. Os principais eventos deformativos na área não estão representados somente por falhas, mas também através de intensos fenômenos de dobramentos com desenvolvimento de foliação cataclástica paralela à xistosidade.

5.5. DOBRAS

Na área em questão foram observados diferentes tipos geométricos de dobras (flexural, similares, "chevron", "kink bands", etc) associados à Sequência Itaú e Unidade Morro do Níquel.

Provavelmente estes dobramentos foram acompanhados de transposição e como resultado final originou o retalhamento destas dobras na forma atual de ápices e flancos rompidos. Estas feições, de maneira genérica, podem ser discriminadas em 3 grupos principais:

5.5.1. Corpos derivados de ápices rompidos e rocionados, onde estes ápices são constituídos principalmente por quartzitos e/ou metarenitos, calcários e fosforitas. Apresentam foliação plano axial (S_1) redobrada, contorcida e rompida. As superfícies de acamamento original foram parcialmente destruídas e tais corpos encontram-se inclusos em xistos especialmente a clorita, se ricita e filonitos contendo magnetitas. Embora o número de medidas estruturais seja pequeno, observa-se uma dispersão muito grande -

dos polos de eixos plotados em diagramas, mas com tendência a concentração a noroeste, com mergulhos variáveis (fig. 18).

5.5.2. Corpos derivados de flancos rompidos apresentam geometria lenticular, sendo bastante delgados com uma relação extensão/espessura da ordem de 100/10. Como na primeira, estes corpos são constituídos por calcários, fosforitas, quartzitos e/ou metarenitos. Está bem desenvolvida uma foliação tectônica (S_1) subparalelamente aos contatos litológicos. Esta foliação transpõem o acamamento original (S_0) por fluxo com recristalização nos calcários e nas fosforitas e é paralela à xistosidade das rochas encaixantes. Estes corpos podem aparecer com formas complexas, como em S ou em U, podendo representar figuras de interferência devido a redobramentos sucessivos. Assim sendo, a orientação e mergulho da foliação é bastante variável, o mesmo ocorrendo para os corpos, a pesar de sua orientação predominante N80W. Como encaixantes destes corpos ocorrem talco, clorita, e sericita xistos, portadores de magnetita, com xistosidade bem fina e foliação bem desenvolvida, e voluindo lateralmente para zonas miloníticas. Esta foliação foi caracterizada como cataclástica fina. Preservados por processos de xistificação, ocorrem raros e pequenos fragmentos de rochas sedimentares, especialmente dolomitos nos talco xistos, de vulcano-clásticas nos cloritas xistos e clásticas, nos quartzo-sericita xistos com acamamento preservado nos microlitons. Ocorre uma ampla variação nos valores de atitude destas foliações, especialmente - em mergulho, porém concentrados em torno de N70-80W. Dobras concêntricas fechadas a similares afetam esta foliação (50). Possuem eixos orientados para este-oeste (N70-80W), com mergulhos variáveis, desde sub-horizontais até 40°, predominando valores inferiores a 30°. Associa-se ao plano axial uma segunda foliação, que localmente é bem desenvolvida e varia de cataclástica a milonítica, correspondente à superfície S_2 já definida. Em outros locais esta superfície se identifica com o plano axial de dobras em chevron, - com ruptura parcial. Quando cataclástica apresenta-se como lâminas submilimétricas de material moído, escuro, dando figuras sigmoidais nos microlitons da superfície de foliação (S_1). Esta segunda foliação tem também direção variáveis, predominando entre N25 e 90W, com

mergulhos variando de quadrante e valor, porém predominando o quadrante sudoeste, com valores de 40° a 70° . Esta foliação sofre refração nos corpos de fosforitas e calcários, desaparecendo junto a estes, mas deslocando os contatos ou deformando os corpos.

5.5.3. Corpos vulcano-sedimentares disruptos têm dimensões maiores, de até centenas de metros de comprimento, por outro tanto de espessura, e são representados por todos aqueles tipos litológicos descritos no capítulo 4 (tremolita xisto, clorita xisto, talco xisto, serpentinito, cherts, quartzo xisto grafitosos e quartzitos). Separando estes vários corpos disruptos (macro-boudins) ocorrem as mesmas litologias, só que com xistosidade mais evidente e menos variável. No interior dos corpos ocorre uma foliação incipiente, quando vista macroscopicamente. Porém, finas lâminas com orientação de tremolita, serpentina e talco são comuns em lâminas, conforme já descritos. Mesmo nas litologias aparentemente maciças, quando observadas cuidadosamente, verifica-se uma foliação cataclástica, com separação de microlitos milimétricos, e com xistosidade incipiente no interior dos microlitos. Localmente, sobretudo na transição entre os corpos disruptos com as litologias que os medeiam, pode-se observar tais foliações superpostas; a primeira e mais antiga é uma xistosidade fina (S_1); a seguinte (S_2) é uma foliação cataclástica com rompimento de grãos minerais, visível em lâminas de metachert ou quartzitos. Esta foliação varia de intensidade, passando à xistosidade principal nas rochas que medeiam os corpos disruptos. É necessário ressaltar que esta é a foliação mais evidente na área, sendo que até os corpos disruptos são estruturalmente concordantes com ela.

Apesar de pequenas variações os valores de atitudes são em torno de N50W, predominantes e com mergulhos quase subverticais, embora uma ampla dispersão seja registrada. A transposição da xistosidade, leitos e mesmo veios de quartzo pré-existentes produz em pequenos boudins lenticulares, microdobras disruptas - cujas lineações oscilam em todos os quadrantes, com mergulhos altos (ex. N30E/ 75° - N28W/ 28°). A terceira foliação é localizada e varia desde plano axial de microdobras, superfícies de rompimento e moagem de material até plano axial de dobras rompidas e tem

orientação N30W; 5NE, N50W; 60NE, com eixos mergulhantes para No
roeste, com valores variados (N50W; 45° , N40W, 05, N20W; 05).

FIG.19 EXEMPLOS TÍPICOS DE SUPERPOSIÇÃO
DE EVENTOS DE DEFORMAÇÃO DINÂMICA. NA
SEQUÊNCIA ITAU.

6. CONSIDERAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

6.1. INTRODUÇÃO

As considerações que se seguem baseiam-se na interpretação ou nos trabalhos de Teixeira e Danni (op.cit), ou seja, de que o cinturão vulcano-sedimentar "Morro do Ferro" constitua no seu todo uma estrutura do tipo "greenstone belt", ou mais precisamente as raízes de um greenstone belt. Também considerou-se preliminarmente que este cinturão ocorre implantado em rochas do embasamento arqueano, e que em discordância erosiva tanto com este embasamento, como também como o cinturão Morro do Ferro, ocorrem rochas do Grupo Araxã. Nos últimos anos o presente autor vem participando do convênio entre DNPM/IGCE - Campus de Rio Claro, que tem por objetivo principal o treinamento de alunos do 5º ano do curso de Geologia em mapeamento geológico de áreas cristalinas na escala 1:50.000, sendo que nos últimos 3 anos estes trabalhos processaram-se exatamente na região em questão, tendo sido então mapeadas as quadrículas de Nova Resende, Jacuiz, Alpinópolis, Fortaleza de Minas, São Sebastião do Paraíso e Cássia.

Durante este tempo o autor acompanhou os alunos ao campo, bem como participou das bancas de formatura destes mesmos alunos, além de ter colaborado na redação dos relatórios finais entregues ao DNPM, como responsável pelos capítulos de Geologia Econômica e Geologia Regional. Deste modo o autor vem gradativamente se envolvendo com a Geologia Regional e Tectônica da área. Assim a realização destes trabalhos mais regionais efetuados com a nossa participação, integrados com o estudo em detalhe por nós ora realizado, permite levantar algumas considerações pessoais quanto à estratigrafia da região.

6.2. ESTRATIGRAFIA PROPOSTA

A presente coluna resulta da interação de 2 perfis geológicos (BB'; AA') traçados em posição perpendicular à dire

ção regional do "Cinturão Morro do Ferro" nas figuras (16,17) respectivamente. O perfil BB' corta a porção mais larga do cinturão, ou mais precisamente a porção mais larga da "Unidade MORRO DO NÍQUEL"; enquanto que o perfil AA' corta as rochas pertencentes à Sequência Itaú de Teixeira (op. cit). Estes dois perfis, estrategicamente localizados, cobrem todos os tipos litológicos ocorrentes na área, ou seja, embasamento cristalino, sequência vulcano-sedimentar e parte das litologias tidas como pertencentes ao Grupo Araxá respectivamente. Aachamos necessário ressaltar que a presente coluna é bastante completa, mas válida somente para a área abrangida pela figura (16), embora ela permita também um tratamento, ainda que preliminar, do contexto regional. A coluna direita na fig. (20), corresponde àquela de Teixeira e sua colocação aí tem como objetivo facilitar à esquerda da figura (20) a visualização e comparação das mudanças por nós propostas.

Ao compararem-se as duas colunas, no que concerne às rochas do embasamento, não existem grandes diferenças a não ser aquelas em função da escala de trabalho.

Na Unidade Morro do Níquel também não existem grandes discrepâncias, a não ser pela presença de serpentinitos típicos em nossa coluna, não mapeados por Teixeira, e pelos metaritmicos não mapeados por nós. Ainda com relação a esta unidade não nos foi possível identificar as texturas spinifex aí descritas por Teixeira. Outra pequena discrepância existente é quanto à espessura desta unidade, mesmo considerando possíveis repetições litológicas por dobramento. De qualquer modo estas litologias realmente parecem corresponder às porções mais inferiores do "Cinturão Vulcano Sedimentar Morro do Ferro". Devem ter sua origem ligada a vários estágios de vulcanismo seguidos por episódios de sedimentação conforme sugerido por Teixeira. A reconstituição dos vários derrames que devem ter ocorridos aí não nos parece possível já que não existem horizontes guias e estas litologias apresentam-se basculadas e boudinadas. Como agravante não nos foi possível identificar texturas e estruturas tais como (varíolas, spinifex, amígdalas, almofadas, etc.) típicas de topo de derrames. Detalhes quanto à litologia e/ou possível empilhamento estratigráfico da unidade Morro do Níquel podem ser observados na fig. (20). Como já foi ressaltado,

preferimos manter o nome "Unidade Morro do Níquel" conforme primeiramente definido por Teixeira, por entender que realmente é uma unidade basal, onde predominam grandemente rochas vulcânicas ultrabásicas/básicas.

A primeira grande diferença, com sérias implicações regionais, surge exatamente com relação à "Unidade Córrego Salvador" e "Unidade Morro do Ferro", conforme já abordado por nós no item 4.2.(1, 2, 3, 4 e 5) permitindo as seguintes considerações:

- As associações litológicas 4.2.(1, 2, 3, 4 e 5), por nós mapeadas e descritas não foram descritas por Teixeira, embora ocorram na área mapeada por ele como "Sequência Itaú", não se enquadrando portanto nas suas unidades litológicas, quer aquelas de idade arqueana, quer aquelas de idade pré-cambriana.
- Durante a realização do "Projeto Cássia" (1980) foram mapeadas ocorrências de fosfatos em íntima associação com calcários, formações ferríferas na "Unidade Morro do Ferro" de Teixeira(op.cit.), também não descritas pelo mesmo autor.
- Ainda segundo Teixeira (1979 a,b) a ocorrência de calcário na área está restrita à Sequência Itaú, e "Unidade Morro do Ferro", mas nestas unidades não ocorrem talco-tremolita xisto, segundo o mesmo autor.
- As unidades Morro do Níquel e Córrego Salvador não apresentam ocorrência de calcários, segundo o mesmo autor.
- Do ponto de vista estrutural também constata-se que estas associações litológicas exibem o mesmo padrão tectônico presente na sequência vulcano-sedimentar ou mais precisamente a unidade basal do cinturão Morro do Ferro, denominada por Teixeira como unidade "Morro do Níquel" que é objeto do presente trabalho.
- Deve-se mencionar ainda que a superfície de cavalgamento definida por Teixeira(op.cit.) na área, corresponde na fig. 16, à falha

por nós denominada Fortaleza de Cima, e portanto, não foi constatada.

- Os vários corpos de formações ferríferas bandadas, por nós mapeados na Unidade Morro do Níquel (fig. 17) também são portadores de fosfato.

Levando em conta as considerações acima, e principalmente a abordagem local do nosso trabalho, mas que tem implicações para o Cinturão Morro do Ferro como um todo propomos:

- A manutenção da denominação "Unidade Morro do Níquel" (basal) - constituída predominantemente por rochas vulcânicas.
- A equalização das Unidades "Córrego Salvador" e "Morro do Ferro" sob uma designação única de Unidade "Morro do Ferro".
- A inserção das assembléias anteriormente descritas 4.2.(1, 2, 3, 4, 5) na "Unidade Morro do Ferro", ficando a estratigrafia da área modificada segundo a figura (20).
- Achamos necessário ressaltar que estas modificações só foram possíveis graças à escala de trabalho, realizados com objetivos de mineração (1:1.000 e 1:5.000) finais.

FIG. 20

COLUNA ESTATIGRÁFICA PROPOSTA PARA O
CINTURÃO VULCANO SEDIMENTAR MORRO
DO FERRO

**COLUNA LITOESTATIGRÁFICA COMPLETA DO CINTURÃO
VULCANO SEDIMENTAR MORRO DO FERRO**

IDADE	COMPLEXO / GRUPO FORMAÇÃO / UNIDADE		LITOLOGIAS						
PRE-CAMBRIANO	1400 m	GRUPO ARA X Á	FORMAÇÃO CANASTRA		QUARTZITO (CANASTRA)		QUARTZITO CANASTRA		
ARQUEANO	1700 m	CINTURÃO VULCANO SEDIMEN- TAR MORRO DO FERRO	UNIDADE MORRO DO FERRO		METARENITOS E METASILTITOS	290 m		METACHERT FERRIFERO	UNIDADE MORRO DO FERRO
				CHERTS FERRÍFEROS E/OU GRAFITOSOS			FILITOS SERICITICOS
				FILITOS E CALCÁRIOS	150 m		CLORITOÍDE SERICITA XISTO, CLORITOÍDE - XISTO - QUARTZO - CLORITOÍDE XISTO.
				BRECHAS FOSFÁTICAS E CALCÁRIAS			SERICITA - CLORITA XISTO E LENTES DE CLORITA METACHERT FERRIFERO [TREMOLITA XISTO] METARITMITO
				CALCÁRIOS COM ASSOCIAÇÃO DE CAMADAS FOSFÁTICAS (fosforita)			SERICITA - CLORITA XISTO, LENTES DE TALCO XISTO E ESTEATITO
				CLORITA SERICITA QUARTZO XISTO LEVEMENTE MAGNÉTICOS			TREMOLITA - CLORITA EPIDOTO XISTO	
ARQUEANO ?	2400 E		UNIDADE MORRO DO NÍQUEL		CLORITA XISTO	300 m		CLORITA - TREMOLITA XISTO	UNIDADE MORRO DO NÍQUEL
				ACTINOLITA / TREMOLITA XISTO			METACHERT FERRIFERO
				TALCO XISTO			WACKE FELDSPÁTICO
				SERPENTINITO			TUFO
				ROCHAS CATACLÁSTICAS			SERICITA QUARTZO XISTO	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			CLORITA TREMOLITA XISTO			METACHERT FERRIFERO
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT
				METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO			METACHERT			METACHERT	
					METACHERT			METACHERT	
ARQUEANO		GRUPO PARAÍBA = COMPLEXO SILVIANÓPOLIS = EMB. CRISTALINO							

SEGUNDO CARVALHO 1982

EXTRAÍDO DE TEIXEIRA
OP. CIT. (MODIFICADO)

7. CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS METÁLICOS NA ÁREA

7.1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos necessários à caracterização geoquímica dos elementos metálicos na área foram processados em etapas distintas, com a análise de sedimentos de corrente e geoquímica de solo respectivamente.

Enquanto que os trabalhos de prospecção geoquímica em sedimento de corrente foram de cunho mais geral e objetivaram a localização de áreas alvo ou anômala, a prospecção geoquímica em solo foi realizada com objetivos mais específicos, visando detectar possíveis corpos mineralizados. Os critérios de escolha referentes às metodologias utilizadas em campo e laboratório, bem como o tratamento dos dados obtidos estão expressos no texto abaixo.

7.2. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA EM SEDIMENTOS DE CORRENTE

Esta caracterizou-se por mapeamento geológico na escala 1:25.000, acompanhado de um programa de reconhecimento regional através de amostragem de sedimento ativo de drenagem ("stream sediments"). Para tanto foram delimitadas as principais bacias e sub-bacias de drenagem na área, onde foram coletadas um total de 50 amostras com duplicatas e replicatas de sedimentos ativos, a volume constante e pré-determinado de 20 cm³, para análise de níquel, cobre e cobalto (fig. 21). Simultaneamente foi feita uma amostragem a partir de concentrado de bauxita, visando a prospecção de ouro e cromo na região (fig. 21). Esta amostragem também foi realizada a volume constante e pré-determinado de 15 litros de sedimentos.

A razão em adotar-se volume constante na amostragem em geral, é o de permitir comparação, se necessário, entre amostras distintas, uma vez que o trabalho torna-se semi-quantitativo.

Enquanto que nos trabalhos normais de geoquímica

a amostragem é feita em sedimentos ativos para evitar efeitos de pré-concentração, nos trabalhos para concentrado de bateia, escolhem-se os locais onde há quebra na capacidade de transporte do elemento drenante.

As amostras de sedimentos ativos foram analisadas nos laboratórios da firma Puriquima Ltda, por absorção atômica. Nesta fase testaram-se várias aberturas para as amostras, tais como por água régia, ácido fluorídrico tabela (1) e HNO_3 a quente. Posteriormente verificou-se que estes ataques liberavam iguais quantidades de metais, optando-se então pela abertura por HNO_3 a quente.

De igual sorte testaram-se várias frações, sendo que os melhores contrastes foram obtidos na fração menor que 80 mesh.

Para o ouro tentou-se utilizar primeiramente o método de contagem de pintas, que foi abandonado, porque somente em duas amostras foi possível identificar algumas pintas. O método utilizado então foi absorção atômica, após fusão total e pesagem do concentrado. Igual método foi utilizado para o cromo.

Os valores obtidos nesta fase (tabela 1) foram diretamente em mapas (Fig. 22) sem nenhum tratamento estatístico dos dados. Isto porque pretendeu-se nesta fase tão somente delimitar as principais áreas anômalas na região em foco. Além disso, ao sobrepor-se o mapa de anomalia (fig. 22), com o mapa geológico de detalhe na escala 1:25.000 (fig. 16), verificou-se imediatamente que as curvas de isovalores mais elevadas localizavam-se exatamente nas litologias da Unidade Morro do Níquel, que correspondem a litologias básicas/ultrabásicas.

Essa constatação por demais óbvia descarta a necessidade de determinarem-se os valores de background, limiar e bem como qualquer outro trabalho estatístico com objetivos orientativos, uma vez que o conjunto de valores de teores dos elementos dos dados é sensivelmente mais alto nestas litologias do que naquelas do embasamento (rochas encaixantes).

Por outro lado, esta mesma constatação justificou a necessidade de trabalhos mais detalhados em solos visando explicar e caracterizar estas anomalias.

TABELA 1

AMOSTRA Sigla e nº	VOLUME = 20 cm ³ ABERTURA = HF ABSORÇÃO ATOMICA VALORES EM ppm elementos			VOLUME = 20 cm ² ABERTURA = Água Rêgia ABSORÇÃO ATOMICA VALORES EM ppm elementos			AMOSTRA sigla nº	VOLUME = 15 litros CONCENTRADO DE BATEIA CONTAGEM DE PIRITO E FUSÃO TOTAL VALORES EM ppm elementos		Peso total do concen- trado (g)
	Cu	Ni	Co	Cu	Ni	Co		Cr	Au	
FM-SS - 31	16	28	50	12	10	13	CBFM - 31	1.35	3.06	9.15
FM-SS - 32	18	31	43	17	17	10	CBFM - 32	2.80	2.60	59.69
FM-SS - 33	20	32	58	17	17	27	CBFM - 34	2.90	2.40	56.12
FM-SS - 34	19	40	57	13	20	20	CBFM - 35	1.20	1.49	55.62
FM-SS - 35	15	31	55	10	15	21	CBFM - 36	1.35	0.55	34.42
FM-SS - 36	19	29	47	14	13	18	CBFM - 37	3.30	0.11	15.76
FM-SS - 27	12	20	35	8	8	8	CBFM - 38	3.10	0.08	6.37
FM-SS - 38	12	55	38	9	31	14	CBFM - 39	4.50	4.33	15.59
FM-SS - 39	15	67	47	12	39	21	CBFM - 40	4.20	0.17	14.28
FM-SS - 40	12	43	39	7	19	11	CBFM - 41	2.85	0.10	59.18
FM-SS - 41	14	46	41	12	23	13	CBFM - 42	4.50	0.05	29.22
FM-SS - 42	32	120	82	31	75	45	CBFM - 43	0.97	0.36	29.27
FM-SS - 43	55	120	100	50	70	64				
FM-SS - 44	19	71	57	16	36	19				
FM-SS - 45	4	27	34	5	9	3				
FM-SS - 46	12	42	40	11	19	11				
FM-SS - 47	17	75	60	19	52	33				
FM-SS - 48	12	32	46	13	21	22				
FM-SS - 49	29	84	60	25	45	24				
FM-SS - 50	24	90	62	24	55	31				
FM-SS - 51	10	36	45	9	15	14				
FM-SS - 52	13	51	70	12	27	34				
FM-SS - 53	60	175	95	49	110	60				
FM-SS - 54	23	60	52	20	27	10				
FM-SS - 55	100	245	135	105	210	120				
FM-SS - 56	77	200	160	64	130	120				
FM-SS - 57	20	80	60	19	56	45				
FM-SS - 58	120	250	160	120	220	150				
FM-SS - 59	82	210	125	62	160	88				
FM-SS - 60	15	24	54	12	10	19				
FM-SS - 61	32	110	73	25	60	40				
FM-SS - 62	105	220	140	77	150	100				

FM = Fortaleza de Minas
SS = Stream Sediments
CB = Concentrado de Bateia

TABELA 1

AMOSTRA	VOLUME = 20 cm ³ ABERTURA = HF ABSORÇÃO ATOMICA VALORES EM ppm			VOLUME = 20 cm ³ ABERTURA = Água Régia ABSORÇÃO ATOMICA VALORES EM ppm			AMOSTRA	VOLUME = 15 litros CONCENTRADO DE BATEIA CONTAGEM DE PIRITO E FUSÃO TOTAL VALORES EM ppm		Peso total do concen- trado
Sigla e nº	elementos			elementos			Sigla e nº	elementos		(g)
	Cu	Ni	Co	Cu	Ni	Co		Cr	Au	
FM-SS - 01	20	60	42	16	35	16	CBFM - 01	0.02	0.05	75.87
FM-SS - 02	14	56	41	13	37	18	CBFM - 02	0.01	0.05	55.32
FM-SS - 03	17	84	48	14	61	21	CBFM - 03	0.19	0.05	3.37
FM-SS - 04	24	100	70	19	64	41	CBFM - 04	1.35	0.34	9.50
FM-SS - 05	12	53	40	12	44	24	CBFM - 05	0.55	0.05	6.86
FM-SS - 06	21	67	46	16	40	19	CBFM - 06	0.93	0.05	6.44
FM-SS - 07	32	125	100	27	79	63	CBFM - 07	0.38	0.27	17.56
FM-SS - 08	11	57	38	08	35	13	CBFM - 08	0.68	0.16	2.48
FM-SS - 09	41	130	85	42	100	66	CBFM - 09	0.26	0.30	4.03
FM-SS - 10	19	73	53	15	50	30	CBFM - 10	1.72	0.06	38.31
FM-SS - 11	16	78	51	14	51	25	CBFM - 11	0.11	0.09	10.16
FM-SS - 12	45	115	67	35	68	32	CBFM - 12			
FM-SS - 13	23	105	50	18	67	25	CBFM - 13	0.24	8.10	3.08
FM-SS - 14	20	120	57	20	86	33	CBFM - 14	0.25	0.35	1.72
FM-SS - 15	17	63	45	13	36	22	CBFM - 15	0.38	16.80	17.90
FM-SS - 16	28	87	65	21	48	28	CBFM - 16	0.27	1.48	4.39
FM-SS - 17	46	125	135	42	95	110	CBFM - 17	0.49	0.80	29.86
FM-SS - 18	74	210	135	56	150	90	CBFM - 18	0.43	8.90	50.74
FM-SS - 19	100	170	145	80	115	105	CBFM - 19	0.20	0.12	9.51
FM-SS - 20	150	250	210	110	205	165	CBFM - 20	0.21	0.21	3.74
FM-SS - 21	130	225	185	110	190	170	CBFM - 21	0.38	0.16	71.00
FM-SS - 22	170	270	205	130	225	180	CBFM - 22	0.35	0.14	7.72
FM-SS - 23	8	18	30	5	9	5	CBFM - 23	0.40	2.19	86.88
FM-SS - 24	15	45	45	13	27	20	CBFM - 24	0.05	0.28	56.41
FM-SS - 25	20	48	45	14	31	21	CBFM - 25	0.55	0.51	11.18
FM-SS - 26	16	35	44	13	18	16	CBFM - 26	0.34	0.11	46.20
FM-SS - 27	12	70	40	9	37	9	CBFM - 27	0.20	0.18	4.00
FM-SS - 28	12	22	43	9	9	11	CBFM - 28	0.08	0.16	3.15
FM-SS - 29	12	30	40	7	12	10	CBFM - 29	0.33	0.29	38.47
FM-SS - 30	15	32	45	8	13	11	CBFM - 30	3.80	6.60	50.08

7.3. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA EM SOLOS

Após estes trabalhos preliminares e orientativos escolheu-se uma área teste, (aquela com valores mais elevados e correspondendo ainda à porção mais larga do cinturão vulcano-sedimentar) para estudos de detalhe (fig. 17).

Os trabalhos necessários à realização de geoquímica de solo realizaram-se numa área de 4 Km². Inicialmente fez-se um levantamento topográfico planimétrico com piquetes segundo uma malha de 200 x 100 metros. Para isto foi aberta uma picada longitudinal (linha base "LB") com direção N50W paralela à direção do corpo vulcano-sedimentar. A partir desta picada foram abertas picadas perpendiculares a cada 200 m, cortando o corpo em toda a sua largura. Para numeração e identificação das picadas e piquetes adotou-se a seguinte convenção: as picadas perpendiculares à "LB" receberam numeração por entre 20 e 40 (ex. 20, 22, 24...40), precedidos da letra "L". (linha).

Os piquetes receberam numeração corrida de 00 a 20, sendo que os de numeração 00 se localizam sobre a LB. Para o feito de localização de amostras convencionou-se ainda utilizar letras do alfabeto. Assim por exemplo a amostra L 2224-B localiza-se entre as linhas ou picadas 22 e 24, e entre os piquetes 01 e 02. figura (26).

Ao longo destas picadas foram coletadas amostras de solo, ao nível do horizonte B em cada piquete.

As amostras de solo coletadas foram homogeneizadas e quarteadas no local da coleta, guardando-se duplicatas e replicatas. Uma dessas partes foi enviada aos laboratórios da Firma Geossol (B.H.) para análise quantitativa e qualitativa, segundo o método absorção atômica, após abertura por HNO₃ a quente, na fração total. Os resultados destas análises estão expressos na tabela (2). e em forma cartográfica de isoanomalias (fig. 23 a,b,c,d). Simultaneamente foi efetuado um mapeamento geológico na escala ... 1:5.000 de detalhe ao longo destas picadas estando os resultados expressos na forma de mapa geológico (fig. 17).

Ao se observarem estas figuras 23 (a,b,c,d), verificam-se imediatamente interessantes anomalias de cromo, níquel,

TABELA 2

Linha 20				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	550	44	88	258
01	850	45	142	136
02				
03	736	94	460	250
04	420	160	158	312
05	520	96	206	330
06	896	58	186	326
07	654	75	130	240
08	250	96	110	128
09	89	87	154	95
10	868	144	300	206
11	686	54	144	186
12	760	89	402	304
13	440	88	84	114
14	836	57	148	204
15	318	31	100	82
16	414	97	124	210
17	568	85	148	380
18	332	59	122	190
19	22	12	8	55
20	7	6	4	4

Linha 24				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	500	29	23	64
01	740	58	48	174
02	830	134	194	338
03	540	140	84	300
04	624	232	480	1092
05	836	164	640	684
06	1126	41	124	412
07	848	60	160	140
08	564	148	79	180
09	234	71	152	158
10	254	38	64	43
11	91	60	34	35
12	550	104	192	776
13	400	90	110	170
14	1120	114	180	620
15	1600	142	252	1050
16	1140	110	95	250
17	2040	258	248	1624
18	960	122	190	396
19	980	152	180	620
20	700	92	162	288

TABELA 2 (Continuação)

Linha 22

Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	10	10	15	18
01	930	120	176	416
02	332	34	202	162
03	568	88	226	270
04	1136	294	456	744
05	1490	122	528	462
06	1584	35	142	246
07	476	13	47	55
08	91	156	228	132
09	240	93	280	158
10	31	79	224	74
11	260	166	97	144
12	836	50	140	158
13	410	48	71	72
14	412	81	104	192
15	656	100	184	526
16	912	132	194	1360
17	1096	306	270	1320
18	986	140	278	730
19	354	57	152	150
20	31	9	9	11

Linha 26

Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	92	11	7	15
01	470	35	33	86
02	296	69	49	84
03	330	70	50	87
04	396	79	208	170
05	664	190	206	412
06	1000	224	352	678
07	960	28	184	184
08	1658	156	466	316
09	252	47	79	62
10	152	136	50	71
11	188	136	162	56
12	176	112	91	104
13	980	53	162	428
14	1120	68	194	158
15	1260	158	240	87
16	1340	134	210	2800
17	1040	146	176	1604
18	720	170	108	736
19	1830	166	285	628
20	1070	140	200	430

TABELA 2 (Continuação)

Linha 28				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	32	13	8	11
01	480	43	114	193
02	796	87	935	360
03	448	71	132	124
04	944	116	236	184
05	1094	73	210	372
06	1000	76	184	258
07	1296	230	230	604
08	2040	51	172	238
09	1400	188	182	336
10	282	55	112	76
11	136	41	62	58
12	146	60	76	76
13	980	57	162	212
14	1360	53	232	552
15	460	59	96	140
16	1120	116	412	406
17	960	118	220	142
18	980	146	140	598
19	1380	344	194	960

Linha 32				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	220	17	9	28
01	600	40	88	175
02	974	68	152	308
03	910	72	160	274
04	896	88	230	334
05	726	78	118	236
06	1460	76	122	708
07	928	69	208	302
08	714	104	152	198
09	900	166	206	258
10	1660	56	198	418
11	1540	98	174	172
12	440	235	118	160
13	208	98	144	132
14	1600	128	272	478
15	2640	45	206	356
16	860	124	186	474

TABELA 2 (Continuação)

Linha 30				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	136	15	7	22
01	880	58	95	180
02	784	79	140	232
03	1080	116	168	538
04	740	92	320	450
05	800	68	268	256
06	786	74	278	192
07	1246	84	322	288
08	3300	264	358	840
09	2620	44	92	166
10	880	260	160	198
11	188	112	79	86
12	176	138	62	114
13	480	41	91	112
14	2000	51	278	590
15	384	22	100	142
16	1020	64	190	316
17	1160	152	218	740
18	1760	474	292	2070
19	1320	2200	100	3440
20	1120	212	286	690

Linha 34				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	43	14	5	12
01	186	15	18	38
02	1560	60	134	1020
03	1280	44	138	1090
04	980	66	350	338
05	500	100	152	212
06	640	65	79	236
07	900	83	160	176
08	640	76	142	206
09	880	172	210	840
10	1160	174	194	658
11				
12	354	86	80	91
13	940	82	140	270
14	880	69	122	262
15	1160	62	138	360
16	880	81	110	268
17	1000	67	49	250
18	1200	114	77	638

TABELA 2 (Continuação)

Linha 36					Linha 40				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel	Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00					00	22	02	5	8
01	640	66	77	180	01	640	50	63	100
02	800	73	95	196	02	720	62	110	12
03	900	59	182	238	03	740	65	100	118
04	540	74	108	118	04	680	71	150	166
05					05	660	67	104	114
06	960	156	262	516	06	700	53	130	118
07	480	57	136	120	07	700	53	71	116
08	324	42	158	76	08	160	85	116	100
09	880	146	212	444	09	620	30	60	92
10	860	258	356	1064	10	194	102	97	88
11	1340	50	212	434	11	880	93	196	556
12	840	112	81	140	12	1400	320	256	1672
13	500	444	280	174	13	1700	128	288	898
14	800	152	114	160	14	840	80	146	182
15	940	62	56	172	15	1160	72	124	296
16					16	1080	42	158	316
17	1120	95	25	90	17	520	57	164	136
18	1200	128	78	506	18	1100	86	238	374
19	1120	116	95	290	19	440	59	63	182
20					20	320	40	106	92

TABELA 2 (Continuação)

Linha 38				
Nº	Cromo	Cobre	Cobalto	Níquel
00	610	28	71	88
01	740	30	84	99
02	800	58	124	132
03	680	67	126	104
04	920	94	356	172
05	540	64	124	90
06	1360	57	132	218
07	136	26	38	58
08	730	160	248	442
09	480	53	120	102
10	500	86	122	200
11	720	114	260	1070
12	900	96	410	1188
13	2320	65	260	834
14	440	120	164	102
15	920	81	130	260
16	880	81	122	236
17	640	83	132	186
18	430	120	164	190
19	1240	152	113	614

cobre e cobalto, respectivamente com valores em ppm maiores que 3000, 3000, 1600 e 600 ppm. Ao sobrepor-se o mapa geológico (fig. 17) com os mapas de isoanomalias verifica-se que as principais anomalias de cromo, cobre, cobalto e níquel, ocorrem próximo ou nas litologias mais ultrabásicas como serpentinito e talco xisto. De qualquer maneira estes valores mostram-se muito anômalos mesmo em relação a estas litologias, sendo necessária uma abordagem estatística para analisar determinados parâmetros.

7.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

7.4.1. INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores ficou constatado que a "Unidade Morro do Níquel", na escala de trabalho adotada, é constituída por uma variação litológica lateral que varia de composição peridotítica (serpentinito, talco xisto) a composição mais basáltica (tremolita xisto) em faixas mais ou menos bem delimitadas que se repetem espacialmente por dobramentos ou não.

Também ficou evidenciada nos tópicos anteriores, a presença de anomalias quando se realizou a prospecção geoquímica de sedimento de corrente. (Fig. 22) descrita em 7.2. Estas anomalias voltaram a ser confirmadas com a prospecção geoquímica de solo na sequência vulcano-sedimentar conforme citado em 7.3.

O presente tópico tem por objetivo uma primeira abordagem estatística, preliminar e simplista, para analisar determinados parâmetros, tais como "background", limiar, frequência e correlação dos elementos metálicos analisados, tanto na área como um todo, como também por litologia.

Os critérios em adotarem-se tais cuidados justificam-se principalmente devido à estruturação das faixas litológicas na área, que podem constituir subpopulações distintas. Além disso se tratarmos os dados em conjuntos poderemos ter diluição ou aumento nos teores dos elementos, podendo falsear os dados referentes a background, limiar, etc. Além disso, determinados metais po

dem ter preferência por uma dada litologia, por exemplo os valores de níquel são sensivelmente mais altos nos serpentinitos, além da possibilidade de poder existir correlação entre metais.

7.4.2. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia aqui utilizada é aquela comum em estatística descritiva para essa finalidade, para efeito de considerar background e limiar geoquímico, na ausência de outros critérios. Para testar a normalidade ou não das populações ou subpopulações, as distribuições foram supostas normais. Os parâmetros utilizados foram:

- cálculo da média aritmética (Tabela 3) dos elementos dosados - por litologia e na área em geral visando conhecer os valores do background. Os valores da média foram estimados segundo a fórmula abaixo:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (\text{background})$$

Em seguida foi calculado o desvio padrão (s) Tabela (3) - com o objetivo de verificar a dispersão de valores em torno da média, segundo a fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i^2 - \bar{x})^2}$$

Conhecendo-se os valores da média e desvio padrão nas litologias na área como um todo foi calculado então o coeficiente de variação e limiar geoquímico (Tab. 3) respectivamente segundo as fórmulas abaixo. Deve-se ressaltar aqui que como limiar geoquímico foi adotada a barreira de 2,5% de probabilidade.

$$C = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$l = \bar{x} + 2s$$

TABELA 3 - (Valores em ppm)

	em toda área (N = 210)				Clorita xisto (N = 70)				Actinolita xisto (N = 61)				Talco xisto (N = 52)				Serpentinito (N = 27)			
	Cr	Cu	Co	Ni	Cr	Cu	Co	Ni	Cr	Cu	Co	Ni	Cr	Cu	Co	Ni	Cr	Cu	Co	Ni
$\bar{X}$	801	107	166	353	653	15	166	227	768	79	148	256	1014	100	193	369	1033	242	193	940
s	503	159	114	426	505	70	111	210	316	35	128	199	579	57	113	281	460	404	68	834
c	0,63	1,48	0,69	1,21	0,77	0,73	0,67	0,93	0,41	0,44	0,86	0,78	0,57	0,57	0,58	0,76	0,45	1,67	0,35	0,89
$\bar{X} \pm s$	1306	266	280	779	1158	165	277	437	1084	114	276	455	1593	157	306	650	1493	646	261	1774
$\bar{X} \pm 2s$	1811	425	394	1205	1663	235	388	647	1400	149	404	654	2172	214	419	931	1953	1050	329	2608
$\bar{X} \pm 3s$	2316	584	508	1631	2168	305	499	857	1716	184	532	853	2751	271	532	1212	2413	1454	397	3442

$\bar{X}$ = média aritmética

s = desvio padrão

c = coeficiente de variação

l = limiar

N = número de amostras dosadas

Outros importantes procedimentos estatísticos abordado foram a confecção de histogramas, fig. 24, e gráficos de probabilidade (fig. 25 a, b, c, d). Para tanto montou-se uma Tabela e que mostra a divisão intervalos de classes, frequência relativa acumulada e ponto médio das respectivas classes. Uma vez mais foram observados os métodos já citados anteriormente, ou seja, fez-se uma divisão em subpopulações dos elementos de acordo com a litologia mapeada nos pontos de amostragem, bem como para toda a área. Os resultados aqui obtidos estão expressos na forma de gráficos, fig. (24 e 25) e tabela (4). O método empregado no cálculo dos intervalos de classe foi o de "Sturges".

$$I = \frac{X \text{ m\acute{a}x.} - X \text{ m\acute{i}n.}}{1 + 3,3 \log.n}$$

I = valor do intervalo.

Finalmente, foi calculado o coeficiente de correlação dos elementos em toda área e por litologia. Os resultados aí obtidos estão expressos nas tabelas (5). A fórmula empregada no cálculo foi:

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y}$$

7.4.3. ANÁLISE DOS DADOS E SEUS SIGNIFICADOS EM RELAÇÃO A OBJETIVOS MINEIROS

Os principais parâmetros e resultados obtidos a partir do tratamento estatístico dos elementos dosados estão resumidos na Tabela (3). A interpretação desta evidência a necessidade da abordagem geoquímica por litologia e por área.

Assim, quando observamos os valores médios ou de "back ground" para o elemento cromo, distribuído em toda a área, temos um valor da ordem de 801 ppm. Esses valores decrescem gradual-

TABELA 4 - Tabela de Frequência dos Elementos para toda a área

CROMO

Intervalos	nº	% Cl	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
1 - 220	26	11,98	11,98	110,5
221 - 440	28	12,90	24,88	330,5
441 - 660	34	15,67	40,55	550,5
661 - 880	45	20,74	61,29	770,5
881 - 1100	37	17,05	78,34	990,5
1101 - 1320	21	9,68	88,02	1210,5
1321 - 1540	10	4,61	92,63	1430,5
1541 - 1760	8	3,69	96,31	1650,5
1761 - 1980	1	0,46	96,77	1870,5
1981 - 2200	3	1,38	98,16	2090,5
2201 - 2420	1	0,46	98,62	2310,5
2421 - 2640	2	0,92	99,54	2530,5
2641 - 2860	0	0	99,54	2750,5
2861 - 3080	0	0	99,54	2970,5
3081 - 3300	1	0,46	100,00	3190,5

217 100,00

COBRE

Intervalos	nº	%Cl	% Ac	Ponto Médio do Intervalo
1 - 32	20	9,22	9,22	16,5
33 - 64	55	25,35	34,56	48,5
65 - 96	63	29,03	63,59	50,5
97 - 128	29	13,36	76,96	112,5
129 - 160	25	11,52	88,48	144,5
161 - 192	9	4,15	92,63	176,5
193 - 224	2	0,92	93,55	208,5
225 - 256	3	1,38	94,93	240,5
257 - 288	4	1,84	96,77	272,5
289 - 320	3	1,38	98,16	304,5
321 - 352	1	0,46	98,62	336,5
353 - 384	0	0	98,62	368,5
385 - 416	0	0	98,62	400,5
417 - 448	1	0,46	99,08	432,5
449 - 480	1	0,46	99,54	464,5

2200 1 0,46 100,00

TABELA 4 - (Continuação)

COBALTO

Intervalos	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
1 - 43	16	7,37	7,37	22
44 - 86	29	13,36	20,74	65
87 - 129	44	20,28	41,01	108
130 - 172	45	20,74	61,75	151
173 - 215	35	16,13	77,88	194
216 - 258	15	6,91	84,79	237
259 - 301	16	7,37	92,17	280
302 - 344	2	0,92	93,09	323
345 - 387	5	2,30	95,39	366
388 - 430	3	1,38	96,77	409
431 - 473	3	1,38	98,16	452
474 - 516	1	0,46	98,62	495
517 - 559	1	0,46	99,08	538
560 - 602	0	0	99,08	581
603 - 645	1	0,46	99,54	624
935	1	0,46	100,00	

217

NIQUEL

Intervalos	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
1 - 120	56	25,81	25,81	60,5
121 - 240	65	29,95	55,76	180,5
241 - 360	35	16,13	71,89	300,5
361 - 480	17	7,83	79,72	420,5
481 - 600	8	3,69	83,41	540,5
601 - 720	11	5,07	88,48	660,5
721 - 840	8	3,69	92,17	780,5
841 - 960	2	0,92	93,09	900,5
961 - 1080	4	1,84	94,93	1020,5
1081 - 1200	3	1,38	96,31	1140,5
1201 - 1320	1	0,46	96,77	1260,5
1321 - 1440	1	0,46	97,24	1380,5
1441 - 1560	0	0	97,24	1500,5
1561 - 1680	3	1,38	98,62	1620,5
>1680	3	1,38	100,00	

TABELA 4 - (Continuação) - CLORITA XISTOCROMO

Intervalos	nº	%C1	%A1	Ponto Médio do Intervalo
31 - 358	25	35,71	35,71	194,5
359 - 658	16	22,86	58,57	522
686 - 1012	17	24,29	82,86	849
1013 - 1339	5	7,14	90,00	1176
1340 - 1666	4	5,71	95,71	1503
1667 - 1993	0	0	95,71	1830
1994 - 2320	3	4,29	100,00	2157
TOTAL	70	100	-	

COBRE

Intervalos	nº	%C1	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
11 - 72	29	41,43	41,43	41,5
73 - 134	27	38,57	80,00	103,5
135 - 196	9	12,86	92,86	165,5
197 - 258	3	4,29	97,14	227,5
259 - 320	1	1,43	98,57	289,5
321 - 382	0	0	98,57	351,5
383 - 444	1	1,43	100,00	413,5
TOTAL	70	100%	-	

COBALTO

Intervalos	nº	%C1	%A1	Ponto Médio do Intervalo
7 - 81	19	27,14	27,14	44
82 - 156	20	28,57	55,71	119
157 - 230	15	21,43	77,14	193,5
231 - 305	10	14,29	91,43	268
306 - 379	2	2,86	94,29	342,5
380 - 454	1	1,43	95,71	417
455 - 528	3	4,29	100,00	491,5
TOTAL	70	100	-	

NIQUEL

Intervalos	nº	%C1	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
11 - 165	35	50,00	50,00	88
166 - 320	21	30,00	80,00	243
321 - 474	6	8,57	88,57	397,5
475 - 629	4	5,71	94,29	552
630 - 783	2	2,86	97,14	706,5
784 - 938	1	1,43	98,57	861
939 - 1092	1	1,43	100,00	1015,5
TOTAL	70	100	-	

TABELA 4 - (Continuação)

CROMO

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
136 - 339	6	9,84	0,84	237,5
340 - 543	11	18,03	27,87	441,5
544 - 746	15	24,59	52,46	645
747 - 950	12	19,67	72,13	848,5
951 - 1153	9	14,75	86,89	1052
1154 - 1357	6	9,84	96,72	1255,5
1358 - 1560	2	3,28	100,00	1459
TOTAL	61	100,00	-	

COBRE

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
15 - 35	5	9,20	8,20	25
36 - 56	6	9,84	18,03	46
57 - 77	25	40,98	59,02	67
78 - 98	13	21,31	80,33	88
99 - 119	3	4,92	85,25	109
120 - 140	4	6,56	91,80	130
141 - 160	5	8,20	100,00	150,5
TOTAL	61	100,00	-	

COBALTO

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
18 - 81	13	21,31	21,31	49,5
82 - 144	27	44,26	65,57	113
145 - 207	12	19,67	85,25	176
208 - 270	5	8,20	93,44	239
271 - 333	1	1,64	95,08	302
334 - 396	1	1,64	96,72	365
397 - 460	1	1,64	98,36	428,5
935	1	1,64	100,00	
TOTAL	61	100,00		

NIQUEL

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do Intervalo
12 - 156	22	36,07	36,07	84
157 - 300	22	36,07	72,13	228,5
301 - 444	9	14,75	86,89	372,5
445 - 588	1	1,64	88,52	516,5
589 - 732	5	8,20	96,72	660,5
733 - 876	1	1,64	98,36	804,5
875 - 1020	1	1,64	100,00	947,5
TOTAL	61	100,00	-	

TABELA 4 - (Continuação) - TALCO XISTO

CROMO

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do intervalo
260 - 260	13	25,00	25,00	477,0
695 - 1129	27	51,92	76,92	912,0
1130 - 1563	5	9,62	86,54	1346,5
1564 - 1997	4	7,69	94,23	1780,5
1998 - 2431	0	0	94,23	2214,5
2432 - 2866	2	3,85	98,08	2649,0
2867 - 3300	1	1,92	100,00	3083,5
TOTAL	52	100,00	-	

CROMO

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do intervalo
13 - 48	9	17,31	17,31	30,5
49 - 84	14	26,92	44,23	66,5
85 - 120	16	30,77	75,00	102,5
121 - 156	5	9,62	84,62	138,5
157 - 192	5	9,62	94,23	174,5
193 - 228	1	1,92	96,15	210,5
229 - 264	2	3,85	100,00	246,5
TOTAL	52	100,00	-	

COBALTO

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do intervalo
25 - 112	10	19,23	19,23	68,5
113 - 200	25	48,08	67,31	156,5
201 - 288	10	19,23	86,54	244,5
289 - 376	3	5,77	92,31	332,5
337 - 464	2	3,85	96,15	420,5
465 - 552	1	1,92	98,08	508,5
553 - 640	1	1,92	100,00	596,5
TOTAL	52	100,00		

NIQUEL

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Medio do intervalo
55 - 216	21	40,38	20,38	135,5
217 - 378	13	25,00	65,38	297,5
379 - 540	8	15,38	80,77	459,5
541 - 702	3	5,77	86,54	621,5
703 - 864	3	5,77	92,31	783,5
865 - 1026	1	1,92	94,23	945,5
1027 - 1188	3	5,77	100,00	1107,5
TOTAL	52	100,00	-	

TABELA 4 - (Continuação) - SERPENTINITOSCROMO

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do intervalo
302 - 591	5	18,52	18,52	446,5
592 - 881	5	18,52	37,04	736,5
882 - 1171	9	33,33	70,37	1026,5
1172 - 1461	4	14,81	85,19	1316,5
1462 - 1750	1	3,70	88,89	1606,0
1751 - 2040	3	11,11	100,00	1895,5
TOTAL	27	100,00		

COBALTO

Intervalo	nº	%Cl	%Al	Ponto Médio do intervalo
95 - 138	6	22,22	22,22	116,5
139 - 182	6	22,22	44,44	160,5
183 - 226	7	25,93	70,37	204,5
227 - 269	3	11,11	81,48	248,0
270 - 313	4	14,81	96,30	291,5
314 - 356	1	3,70	100,00	335,0
TOTAL	27	100,00		

COBRE

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do intervalo
40 - 112	9	33,33	33,33	76,0
113 - 184	10	37,04	70,37	148,5
185 - 257	1	3,70	34,07	221,0
258 - 329	4	14,81	88,89	293,5
330 - 402	1	3,70	92,59	366,0
403 - 474	1	3,70	96,30	438,5
2200	1	3,70	100,00	
TOTAL	27	100,00	-	

NIQUEL

Intervalo	nº	%Cl	%Ac	Ponto Médio do intervalo
92 - 650	13	48,15	48,15	371,0
651 - 1208	6	22,22	70,37	929,5
1209 - 1766	5	18,52	88,89	1487,5
1767 - 2324	1	3,70	92,59	2045,5
2325 - 2882	1	3,70	96,30	2603,5
2883 - 3440	1	3,70	100,00	3161,5
TOTAL	27	100,00	-	

mente nos tipos litológicos considerados como piroxenitos e basaltos komatiíticos, conforme 4.5, e aumentam nas litologias tidas como peridotitos (1033 ppm). Esta mesma conclusão pode ser tirada para o níquel e o cobalto, que como o cromo, também são indicadores de litologias ultrabásicas/ultramáficas, confirmando as considerações referidas em 4.5. O cobre apresenta um comportamento um pouco diferente dos outros elementos dosados concentrando-se tanto nos tipos peridotíticos como também nos basálticos.

Os valores superiores ao limiar ou seja, valores anômalos que podem indicar uma ocorrência, obtidos para a área em geral, também vão decrescer ou crescer em relação aos diferentes tipos litológicos. O caso mais marcante aqui é o do níquel, que quando considerado na área toda tem como limiar o valor de 1205 ppm, e quando considerado só na faixa serpentinitica esse valor sobe para 2608 ppm.

Com relação aos histogramas e gráficos de probabilidade (fig. 24 e 25) respectivamente, embora não sejam diagnósticos, fornecem uma primeira idéia da distribuição dos elementos nas diferentes litologias, bem como na área como um todo, evidenciando a ausência de distribuições multipopulacionais em cada litologia. De maneira geral que, com exceção do cromo em actinolita xisto e em menor grau, cromo e cobalto para área total (que apresenta uma distribuição mais ou menos simétrica e portanto devem obedecer uma lei normal de distribuição), o restante dos elementos apresentam uma distribuição lognormal positiva. Além disso estes histogramas fornecem boas informações quanto à frequência dos elementos em determinados intervalos de classe, confirmando aqueles valores de "back ground" e limiar, que podem ser representados pela moda das distribuições. Outra importante informação também fornecida pelo histograma é quanto ao contraste, onde se podem prever os valores iguais ou maiores que (2), à exceção do cromo e cobalto em serpentinitos e talco xisto, respectivamente.

Quanto ao coeficiente de correlação, conforme pode-se observar na tabela (5), não existe uma boa correlação entre os elementos nas diferentes litologias ou na área como um todo.

Em relação a objetivos mineiros, fica claro após este tratamento preliminar que, a área deve ser abordada, como sen

TABELA 5

TABELAS DE CORRELAÇÃO

em toda a área:

r	Cr	Cu	Co	Ni
Cr	1	0,20	0,40	0,48
Cu	0,20	1	0,16	0,66
Co			1	0,34
Ni				1

Clorita xisto

r	Cr	Cu	Co	Ni
Cr	1	0,06	0,51	0,70
Cu		1	0,48	0,38
Co			1	0,69
Ni				1

Actinolita xisto

r	Cr	Cu	Co	Ni
Cr	1	0,48	0,23	0,67
Cu		1	0,26	0,57
Co			1	0,26
Ni				1

Talco xisto

r	Cr	Cu	Co	Ni
Cr	1	0,14	0,23	0,26
Cu		1	0,45	0,28
Co			1	0,52
Ni				1

Serpentinito

r	Cr	Cu	Co	Ni
Cr	1	0,29	0,58	0,57
Cu		1	-0,07	0,70
Co			1	0,27
Ni				1

do constituída por várias subpopulações de elementos. Em outras palavras, a abordagem deve ser feita por litologias, uma vez que os metais apresentam comportamentos distintos para cada tipo de rocha, conforme pode-se observar pelos histogramas e coeficientes de variação. Assim, os valores mais altos de níquel ocorrem nos serpentin^{it}os, atingindo valores da ordem de 3.500 ppm. Nas outras litologias esses valores oscilam entre 1000 e 1200 ppm. Apesar dos valores elevados em serpentinitos, temos que considerar aĩ que os valores do limiar também são altos, atingindo 2610 ppm, ou seja, uma anomalia de segunda ordem, mas com um bom contraste. De qualquer maneira esta é a litologia mais propensa a constituir concentrações econômicas de níquel.

Os maiores valores de cromo em solo associam-se principalmente a talco xisto, onde atingem valores máximos da ordem de 3300 ppm e secundariamente a clorita, com valores máximos - em torno de 2.320 ppm, constituindo em ambas, anomalias de 1.^a ordem, com valores de contrastes altos. Neste caso estas duas litologias devem ser encaradas com prioridade com relação à prospecção e concentração de cromo.

As mesmas observações realizadas acima, quando feitas para o elemento cobre, mostram uma forte anomalia (primeira ordem) em solos de serpentinito e secundariamente em clorita xistos (anomalias de segunda ordem), em ambos os casos com altos valores de contraste.

Finalmente, o cobalto constitui anomalias de 1.^a ordem em todas as litologias, com exceção para serpentinito (2.^a ordem).

Em resumo, os dados aqui obtidos através de tratamentos estatísticos, em torno de prospecção mostram que:

- os possíveis sítios capazes de constituir depósitos de níquel estão localizados em serpentinitos;
- talco xisto e clorita xisto, são as litologias possíveis de conter mineralizações de cromo;
- as possíveis mineralizações de cobre, como no caso do cromo, relacionam-se primeiramente a serpentinitos e secundariamente a clorita-xistos;

- o cobalto pode ocorrer praticamente em todas as litologias da sequência vulcano-sedimentar, sendo portanto difícil detectar sítios mais favoráveis à sua ocorrência.

FIG. 24 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA

8. CONSIDERAÇÕES METALOGENÉTICAS

8.1. INTRODUÇÃO

De acordo com as idéias do Hutchinson (1978) é possível relacionar a metalogênese ao ambiente tectônico. Assim - sendo, a associação metalogenética da nossa área de estudo, segundo a concepção de Teixeira(op.cit.) deve ser enquadrada nos domínios dos terrenos granito-greenstone . Os argumentos a favor desta idéia são os seguintes:

- presença de uma sequência de rochas vulcano-sedimentares, embutida em rochas migmatíticas e de idade arqueana.
- os tipos vulcânicos ultrabásicos/ultramáficos tem composição komatiítica.

No entretanto, segundo a nossa idéia, baseada em trabalhos de campo de detalhe tanto localmente como regionalmente e em leituras de vários autores permite-nos levantar algumas considerações . Os nossos argumentos, que não tem a intenção de invalidar o modelo já proposto, mas sim, o de mostrar as dificuldades de interpretação desta complexa área são os seguintes:

- a sequência vulcano-sedimentar se localiza tectonicamente em áreas que margeia o Craton do São Francisco.
- a sequência é controlada ou limitada por falhamentos transcorrentes de expressão regional (centenas de km), que pode ter controlado a sua formação.
- presença de uma associação calcário - fosforita na sequência sedimentar, conforme mencionada em 4.2.3. Anhaeuser (comunicação escrita) desconhece qualquer caso semelhante em "greenstone belt", mas acredito ser possível a associação.
- ausência de feições vulcânicas tais como lavas almofadadas, - derrames e diques

8.2. A IMPORTÂNCIA METALOGENÉTICA DOS GREENSTONE BELTS

No que concerne a mineralizações, os terrenos - granito - greenstones são de grande importância no mundo inteiro. No Canadá existem vários depósitos de ouro, cobre, chumbo e zinco a eles relacionados. Para se ter uma idéia da possança destes depósitos, somente a região do "Abitibi belt" produz como média anual - por km^2 cerca de 50 Kg de ouro 68 Kg de cobre e 159 kg de zinco a nual (Roci et alii, 1979).

Na Austrália também ocorrem depósitos de ouro, - cobre, níquel, cobre e zinco no bloco Ilgarn, e menores depósitos de cobre e níquel no bloco Pilbara.

Na África do Sul também estão presentes depósitos de ouro, antimônio, cobre, chumbo, zinco e ouro, além de outros importantes recursos minerais não metálicos.

No Brasil temos depósitos de ouro nos estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás; cromita em Mina Gerais; de ferro e cobre em Goiás.

8.3. POSSIBILIDADES DE MINERALIZAÇÕES DOS ARREDORES DE FORTALEZA DE MINAS

Embora ainda não se tenha descoberto depósitos minerais nas sequências vulcano-sedimentares dos arredores de Fortaleza de Minas, esta área apresenta um potencial de mineralização que pode ser evidenciado através de outras técnicas prospectivas. - Cumpre ainda lembrar que a área pesquisada, embora representativa, é geograficamente pequena.

Importantes indicações tais como, lavras abandonadas de cromo, ocorrências de níquel e anomalias geoquímicas (Fig. 23a, b, c, d), permitem supor a presença de mineralizações ainda - não identificadas na área.

Somente para efeito de comparação pode-se observar a tabela (6), extraída de Goodwin (1977), que representa a média ponderada de análises químicas de rochas coletadas em várias regiões do Canadá. Esses valores foram extraídos de litologias que

TABELA 6 - Elementos menores em (ppm) em greenstone belts da Província superior do Canadá.

	Cr	Ni	Co	Cu
Timmins-Kirkland Lake	194	158	32	83
Noranda Regiona, Abitibi Belt				
Peridotite	2191	1463	90	46
Basalt	245(487)	170(484)	36(483)	106
Andesite	105	55(71)	29(387)	64
Dacite	22	21(14)	11(86)	32
Rhyolite		14(26)	11(53)	33
Lake of the Woods-Wabigoon Region, Wabigoon Belt	215	139	31	74
Peridotite	4469	806	102	97
Basalt	257	160	37	90
Andesite	125(148)	59(59)	28	64
Dacite	51(60)	16(21)	12(56)	41
Rhyolite		-	11(16)	22
Birch-Uchi Lakes Region	252	97	34	82
Uchi Belt				
Peridotite	5732	1672	113	25
Basalt	250(57)	105(58)	41	111
Andesite	116(25)	52(30)	20(26)	64
Dacite		38(13)	12(7)	40
Rhyolite	22(4)	18(5)	-	32
Superior Province	220	131	32	79
"Developed island arc"	30	22	-	-

hospedam cerca de 49 depósitos econômicos de um total de 254 cadastrados, e a tabela 3, que se refere a valores médios de Fortaleza de Minas.

Da comparação podem ser depreendidas as seguintes observações: os teores dos elementos dosados em Fortaleza de Minas de maneira geral são mais elevados. Entretanto cumpre lembrar que dizem respeito a amostra de solo.

Para o elemento níquel pode-se fazer uma comparação direta pelo fato de exibir análises químicas de rochas, revelando teores de até 12.000 ppm. Estes valores foram obtidos de amostras próximo à anomalia principal da fig. 23A. Merece ainda menção o fato de que foram observadas vênulas de garnierita em serpentinitos locais.

Para o elemento cromo, algumas análises químicas de rochas efetuadas em peridotitos mostraram valores próximos ou até superiores àqueles da tabela (6). De qualquer maneira existem nas proximidades da área em foco antigas explorações abandonadas de cromita.

No caso do elemento cobre, os valores obtidos em solo são muito elevados, e não é comum encontrarem-se anomalias geoquímicas com a magnitude que ocorre em Fortaleza de Minas. Geralmente os depósitos de cobre de origem vulcânica em "greenstone belts" localizam-se nas porções ácidas das sequências calco-alcalinas (Hutchison, 1965; Gil Mour, 1965; Spense 1967; Sangster, 1972) muito embora possam ocorrer, como é o caso para a Austrália (Reynolds et al, 1975; Miller, 1975) e da Índia (Naqui et al, 1977).

Quanto ao ouro sabe-se que é um dos metais mais constante nestes terrenos estando presente praticamente em todos os "greenstone belts", sendo que as maiores jazidas estão no Escudo Canadense. De maneira geral o ouro se concentra em veios de quartzo que preenchem falhamentos, quartzitos grafitosos, formações ferríferas, zonas de cisalhamentos e proximidades de intrusivas graníticas. Estratigraficamente pode ocorrer nas porções komatiíticas, calco-alcalinas, sedimentares e também nas intrusivas que cortam estas sequências de um modo geral. Embora não tenhamos dado continuidade aos trabalhos necessários para definir sítios favoráveis, este minério foi lavrado intensamente pelos bandeirantes no século

passado em aluviões próximos a Jacuī, Nova Resende e também na fo
lha de Fortaleza de Minas.

Ainda com relação ao potencial metalogenético da
sequência vulcano-sedimentar Morro do Ferro, deve ser mencionada a
presença de depósitos de fosforita, conforme mencionado em 4.2.3.,
bem como, a presença de grandes corpos de quartzo leitoso (Fig. 17),
que via de regra localiza-se nas falhas de direção NW

CONCLUSÕES

1. Muito embora tenham sido caracterizados os principais aspectos petrológicos e geológicos da região de Fortaleza de Minas muitos problemas ainda perduram, quer em termos geotectônicos, estratigráficos, ou petrológicos.
2. O embasamento cristalino na área é caracterizado por anatexitos, gnaisses embrechíticos, migmatitos de injeção e gnaisses ocellares. As características texturais, estruturais e os dados geocronológicos disponíveis na literatura permitem considerá-los como similares àqueles existentes no Complexo de Silvianópolis.
3. No que concerne à presença de rochas vulcânicas básicas e/ou ultrabásicas fica caracterizada a presença de dois tipos : vulcânicas com sedimentos associados e vulcânicas sem associação sedimentar.
4. Apesar da ocorrência das rochas vulcânicas ser mais ampla do que se pensava até então, elas têm a composição mineralógica e um condicionamento tectônico similar, sendo que ambos os tipos são cortados por diques de metabasito.
5. Estudos petrográficos, mineralógicos e texturais realizados nas rochas vulcânicas de Fortaleza de Minas, Unidade Morro do Niquel, mostram a existência de diversos tipos litológicos, com uma distribuição espacial mais ou menos bem definida. Em termos paragenéticos sugerem composições originais correspondentes a rochas ultrabásicas tais como peridotitos, piroxenitos e subordinadamente basaltos.
6. O conjunto de rochas metassedimentares associadas às vulcânicas da "Unidade Morro do Niquel" de maneira geral faz-se representar principalmente por metarenitos, metassiltitos, metacalcários, fosforita, cherts ferríferos e/ou grafitosos, esferulíticos, - quartzos xistos grafitosos e quartzitos.

7. As intensas atividades tectônicas atuantes na área e em particular na Unidade Morro do Níquel tais como falhamentos, dobramentos e transposição levando a formação de corpos distintos, foram ainda responsáveis pelo posicionamento indeterminado de alguns tipos litológicos, impedindo ainda a elaboração de uma estratigrafia vulcânica definitiva.
8. Trabalhos mais pormenorizados permitiram modificações locais na estratigrafia da área, considerando-se as litologias descritas anteriormente como pertencentes à Unidade Córrego Salvador e Formação Canastra como integrantes da unidade Morro do Ferro.
9. Os métodos geoquímicos utilizados mostraram-se eficazes, evidenciando que o solo existente na área é autóctone, refletindo a alteração das rochas subjacentes e discriminando importantes anomalias de Ni, Cu, Co e Cr, compatíveis com as rochas mapeadas na escala 1:5.000. A efetividade do levantamento geológico detalhado na discriminação litológica e a resposta positiva obtida no levantamento geoquímico mostra que este método deve ser sistematizado, no caso de pesquisas minerais em rochas vulcânicas desta região.
10. O tratamento estatístico preliminar a que foram submetidos os dados mostram a importância de trabalhar-se em pormenor nestes tipos litológicos, bem como a necessidade de caracterizar-se e quantificar determinados parâmetros geoquímico, tais como, "background", desvio padrão, coeficiente de variação, limiar, contraste, etc, nos diferentes tipos litológicos, uma vez que se pode subestimar ou superestimar esses valores.
11. Com base na metalogênese de áreas similares em alguns países do mundo e, principalmente do Canadá, fica caracterizada a potencialidade econômica da região de Fortaleza de Minas, para os elementos níquel, cromo, cobalto, cobre e ouro.
12. Com relação à prospecção e morfologia de possíveis ocorrências

minerais deve-se esperar descontínuos e de dimensões reduzidas.

AGRADECIMENTOS

Temos o prazer e o dever de deixar aqui consignados os nossos sinceros agradecimentos à valiosa colaboração que recebemos de pessoas e entidades que muito contribuíram para a elaboração do presente trabalho.

Ao Professor Doutor ALEDIR P. BARBOUR, do Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, que orientou os trabalhos, reviu a redação e principalmente pela estimulante confiança e liberdade concedida ao autor durante a realização das várias etapas deste trabalho.

Cabe-nos aqui a mais profunda gratidão aos Professores Doutores PAULO CESAR SOARES e ALBERTO PIO FIORI, do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, "Campus" de Rio Claro, junto com os quais pisamos pela primeira vez a área de nosso trabalho, e de onde surgiram as primeiras discussões.

Agradecemos aos Professores Doutores ASIT CHOUDHURI e EBERHARD WERNICK do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP "Campus" de Rio Claro. Ao primeiro pelas intermináveis discussões no campo e pelas longas horas passadas com o autor durante os estudos petrográficos. Ao segundo, um profundo conhecedor dos problemas relacionados à geotectônica regional, que muito nos ajudou com suas sugestões. Muitas das idéias expressas neste trabalho tiveram origem em discussões com esses colegas.

Ao Professor Doutor MARCOS AURÉLIO FARIAS DE OLIVEIRA, Chefe do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - "Campus" de Rio Claro e ao Doutor JORGE SILVA BETTENCOURT da Mineração Oriente Novo, pelas sugestões, leitura, críticas e debates.

Ao Professor JOB JESUS BATISTA, do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - "Campus" de Rio Claro, pela colaboração e su-

gestões nos trabalhos relacionados à prospecção.

Ao Conselho Nacional de pesquisas Cientificas (CNPq) pela Bolsa de estudos concedida no início de nossa vida acadêmica - e que muito nos ajudou.

Ao Formando CELSO LUIZ VIDAL, aluno do Curso de Geologia da UNESP - "Campus" de Rio Claro, pela ajuda nos trabalhos relacionados à prospecção e fotografias.

À senhora NADIA REGINA PEREIRA LOPES LUNARDI, secretaria do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais do Instituto - de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - "Campus" de Rio Claro, que datilografou as inúmeras versões deste trabalhos.

Este trabalho jamais teria sido realizado, se não- fosse o apoio financeiro dado pelo Sr. JOÃO SOARES e seu Filho JOSÉ - TARCÍSIO. A eles os nossos sinceros agradecimentos.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERTO. V. CARROZZI, (1972) - Microscopic sedimentary - Robert E. Krieger (Editor) Petrography Publishin Company, Inc. 185pg.
- ALECRIM, J.D. e PINTO, L.C. (1980) - Considerações sobre alguns elementos traços em sedimentos de corrente na região de Fortaleza de Minas (MG). Soc.Bras.Geol., An. XXXI Congr. Bras.Geol., 1: 57-67 (SC).
- ALMEIDA, F.F.M. de (1967) - Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Dep. Nac. Prod. Min. - Div. Geol., Min., Bol. 241, Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1968) - Evolução tectônica do centro-oeste Brasileiro no proterozóico superior. An. Acad.Bras. Ci. 40 - (supl.): 285-295, Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1977) - Geochronological division of the Pré-Cambrian of South America. Rev. Bras.Geoc. 1 (1): 13-21, São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. de (1976) - The Upper Precambrian of South America. Bol. Inst. Geoc. USP 7: 45-80.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1977) - O Craton de São Francisco. Rev. Bras. Geoc. 7 (4): 349-364.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1979) - O Craton do Paramirim, An. I Simp. Craton São Francisco e suas Faixas Marginais.
- ANHAEUSSER, C.R.; MASSON, R.; VILJOEN, M.J. e VILJOEN, R.P. (1969) A reappraisal of some aspects of precambrian shield geology. Geol. Soc. Amer. Bull., 80: 2175-2200.

- ANHAEUSSER, C.R. (1971) - Cyclic volcanicity and sedimentation in the evolutionary development of Archaean greenstone belts of shield areas. Geol. Soc. Australia. Spec.Publ., 3: 57-70.
- ARNDT, N.T.; NALDRETT, A.J.; PYKE, D.R. (1977) - Komatiitic and Iron-Rich Tholeiitic Lavas of Munro township, northeast Ontario J. Petrol. v. 18: pp. 319-369.
- BARAGAR, W.R.A.; GOODWIN, A.M. (1969) - Andesites and Archaean Volcanism of Canadian Shield Bull. Oregon Dep. Min. Ind., 65: 121-142.
- BARBOSA, O. (1965) - Guia das excursões. Soc. Bras.Geol. IX Cong. Bras. Geol., Rio de Janeiro.
- BARBOSA, O.; BAPTISTA, M.D.; DIER, D.C.; BRAUN, O.P.G. e COTTAS, J.C. (1969) - Geologia e inventário dos recursos minerais do projeto Brasília. Rio de Janeiro, Prospec/DNPM, 255p. inédito.
- BARBOSA, O.; BAPTISTA, M.D.; DYER, R.C.; BRAUN, O.P.C.; FRATIN, H.; MENEGUISSO, G. (1970a) - Projeto Goiânia. Relatório Preliminar. Rio de Janeiro, Prospec/DNPM, 75p. (inédito).
- BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; CUNHA, C.A.B.R. (1970b) Geologia da região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, DNPM CPRM (b.136). 200p.
- BRANDALISE, L.A. et alli. (1971) - Geologia Preliminar da região Meridional de Minas Gerais na escala 1:250.000. In. CPRM Belo Horizonte. Projeto Folha do Rio de Janeiro - Belo Horizonte. 3V. Anexos V.3. Mapas Geol. Convênio DNPM/CPRM.
- BRANDT, R.T.; GROSS, G.A. GIZUSS, H. SEMENENKO, M.P. & DORR, J. V.N. (1972) - Problems of nomenclature for banded ferruginous cherts sedimentary rocks and their metamorphic equivalents. Econ. Geol., v. 67, 682-684.

- BRAUN, O.P.G. (1968) - Contribuição a estratigrafia do Grupo Bambuí - Anais XXII Congr. Bras. Geol., 155-166. Belo Horizonte.
- BRAUN, O.P.G. e BAPTISTA, M.B. (1976) - Considerações sobre a geologia pré-cambriana da região sudeste e parte da região centro-oeste. XXIV Congr. Bras. Geol., Soc. Bras. Geol., Núcleo de Minas Gerais. Bol. dos resumos, 27-28. Ouro Preto.(MG).
- BRAUN, O.P.G. e BAPTISTA, M.B. (1978) - Considerações sobre a geologia pré-cambriana da região sudeste e parte da região centro-oeste do Brasil. Soc. Bras. Geo., Núcleo da Bahia, Bol. Esp. 3: 225-231.
- CAROZZI, A.V. - 1972 - Microscopic Sedimentary Petrography. Robert. E. Krieger (Editor) Publishing Company. Inc. New York.
- CORDANI, U.G.; DELHAL, J.; LEDENT, D. (1973) - Orogêneses superpôses dans le precambrian du Brésil sud-oriental (État de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). Rev. Bras. Geoc. 3 (1): 1-22. São Paulo.
- DANNI, J.C.M.; DARDENNE, M.A.; FUCK, R.A. & RIBEIRO, M.J. (1973) Geologia da extremidade sudoeste da Serra Dourada (Goiás, Brasil). Rev. Bras. Geoc. 3 (3): 160-180.
- DARDENNE, M.A. (1977) - O Grupo Bambuí no Brasil Central - Estratigrafia, Sedimentologia e Tectonica. In: An. Reunião preparatória para o Simpósio sobre o craton do São Francisco e suas Faixas Marginais. Soc. Bras. Geol. (Núcleo da Bahia) publ.esp. nº 3.
- DELHAL, J.; LEDENT, D.; CORDANI, U.G. (1969) - Ages Pb/U, Sr/Rb et Ar/K de formations metamorphiques et granitiques du sud-est du Brésil (États do Rio de Janeiro et de Minas Gerais). Soc. Geol. Belgique 92: 271-283.

- DERRY, D.R. - 1980 - Metallic provinces in the precambrian of North America and Australia. Mēmo. BRGM. n° 106, 12-24.
- EBERT, H. (1957) - A tectonica do sul do Estado de Minas Gerais. DNPM, Relat. An. Div. Geol. Min.: 97-107 e 136-137.
- EBERT, H. (1967) - A estrutura prē cambriana do Sudoeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. Bol. Paran. Geoc. Curitiba, 26: 42-45.
- EBERT, H. (1968) - Ocorrências da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipótese sobre sua origem. An. Acad. Bras. Cienc. 40 (Supl.): 215-229. Rio de Janeiro.
- EBERT, H. (1971) - Os Paraibides entre São João Del Rei (MG) e Itapira (SP) e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides. Soc. Bras. Bras. Geol., Núcleo de São Paulo. Bol. Esp. 1 (Res. das Comunic. do XXV Congr. Bras. Geo.): 177-178, São Paulo.
- 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. Esp. n° 1 (Resumo das comunicações do XXVII Congresso Bras. Geol. 726-730.
- FIORI, A.P.; WERNICK, E. e BETTENCOURT, J.S. (1978) - Evolução policíclica na região nordeste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas do Estado de Minas Gerais. An. XXX Congr. Bras. Geol. 1: 309-320.
- FIORI, A.P. e CHOUDHURI, A. (1979) - Fases de migmatização e dobramentos superpostos nas rochas granulíticas e nos migmatitos de Serrania e Machado (MG). An. 29 Simp. Geol. Reg., Soc. Bras. Geol., Núcleo de São Paulo.
- FYFE, W.S.; LEONARDOS Jr., O.H. (1974) - Ancient metamorphic

- matitic belts of the brazilian atlantic coast: the African conection. Rev. Bras.Geoc., 4 (4): 247-251.
- GEOFFROY, J. de; W.S.M. (1970) - A statistical study of ore occurrences in the greentone belts of the Canadian Shield, economic geology, vol. 65, pp. 496-504.
- GILMOUR, P. (1965) - The origen of the massive sulphide mineralization in the Noranda district Northwestern Quebec. Geol. Ass. Can. Proc. 16, 63-81.
- GOODWIN, A.M. (1971) - Metalogenic Patterns and evolution of the Canadian Shield. Geol. Asoc. Australia. Spec. Pub. 3, 157-174.
- GOODWIN, A.M. (1977) - Archaean Volcanism in superior province, canadian shield. Geol. Surv. Canadá, paper 70-40, 1-30.
- GRIFFON, J.C. & RICHTER, H. (1976) - Geologia, mineração e tratamento do minério de níquel do Morro de Níquel. MG. Geologia e Metalurgia, v.40, pp. 387-405.
- GROSS, C.A. (1965) - Geology of iron deposits in Canada: General geology and evolution of iron deposits. Geol. Survey Canada, Econ. Geology, v.1, rept. 22, 181p.
- HASUI, Y. e ALMEIDA, F.F.M. de (1970) - Geocronologia do centro-oeste Brasileiro. Geol. 19 (1); 5-26.
- HASUI, Y.; SADOWSKI, G.R.; CARNEIRO, C.R. (1978) - A zona marginal sul do Craton do São Francisco. Soc. Bras.Geol., Núcleo da Bahia, Publ. Esp. 3: 205-215.
- HUTCHINSONS, R.W. (1965) - Genesis of Canadian Massive sulphides reconsidered by comparison to cyprus deposits; Cim. Bulletin, 58, 972-986.

- LEONARDOS, Jr.; DUNHAM, A.C.; PIRES, F.R.M. e FORMAN, J.M.A. - (1971) Nota sobre a formação Pouso Alegre, An. Acad. Bras. Ciencias 43 (4): 131-134.
- MARINI, O.J.; DARDENNE, M.; FUCK, R.A. e FARIA, A. (1976) - projeto Serra Dourada. An. XXIX Congr. Bras. Geol. (Bol. dos Resumos das Comunicações): 29, Ouro Preto (MG).
- MARINI, D.J.; FUCK, R.A.; DARDENNE, M. & FARIA, A. (1976)- Contribuição à geologia do Precambriano da Porção Central de Goiás. Rev. Bras. Geoc. 7 (4): 304-323.
- MARSTON, R.J.; GROVES, D.I. - 1981 - Metallogenesis of Archaean base-metal deposits in western Australia. Spec. Publs. Geol. Soc. Aust., 7 (1981).
- MILLER, L.J. (1975) - The archaean eugeosyncline of the Pilbara, Australasian Inst. Min. Met. Mon., 5, 55-63.
- MILLER, L.J., GAIR, H.S. (1975) - Mons Crepi Copper - Leal-Zuic Silver deposits. Australasian. Min. Met. Inst. a Mon, 5, 195 202.
- MORAES, J.J. (1935) - Níquel no Brasil. DNPM, Bol. nº 9, Rio de Janeiro.
- NAQUI, S.M.; HANUMANTH RAO, T.; NATRAJAN, R.; SATYA NAPAUMAMA, K. HUSSAIN, S.M. (1977) - Mineralogy geochemistry and genesis of the massive base metal sulphide deposits of Chitradurge (Ingaldhal), Karmataka, India. Precambrian Res. 4, 361-386.
- OLIVEIRA, M.A.F. de (1973) - Petrologia das rochas metamórficas da região de São José do Rio Pardo (SP). Rev. Bras. Geoc., 3 (3): 257-278 - São Paulo.
- OLIVEIRA, M.A.F. de; ALVES, F.R. (1974) - Geologia e petrologia

da região de Caconde (SP). Soc.Bras.Geol., An. XXVII Congr. Bras. Geol., 5 133-143. Porto Alegre.

OLIVEIRA, M.A.F. de (Coordenador) (1981) - Projeto Alpinópolis, Relatório Final. Convênio DNPM/UNESP. Campus de Rio Claro (Inédito).

OLIVEIRA, M.A.F. de (Coordenador) (1982) - Projeto Cássia. Relatório Final. Convênio DNPM/UNESP - Campus de Rio Claro (Inédito).

PROJETO SAPUCAÍ (1977) - Relatório Final - Geol. V.I Convênio DNPM/CPRM - 615p.

PROJETO MANTIQUEIRA - FURNAS (1978) - Relatório Final. Convênio DNPM/CPRM. V.I - 395p.

REYNOLDS, D.G.; BROOK, W.A.; MARSHALL, A.E., ALLCHURCH, P.D. - (1975) - Volcanogenic copper zinc deposits in the Pilbara and Yilgarn blocks; Australasian Inst. Min. Met. Mon., S., 185-194.

ROCCI, G.; OHNENSTETTER, M; HENRY, B. (1979) - Reflexions sur la position geotectonique des gîtes de nickel sulfuré associées aux komatiites archéennes - Mem BRGM n° 97, 17-29.

RODRIGUES, J.E. (1976) - O falha,ento transcorrente de Jacutinga (SP). IG., USP. Tese.

SANGSTER, D.F. (1972) - Precambrian volcanogenic massive sulphide deposit in Canada: a Review Geol. Surv. Can.pag. 72-22, 41 pp.

SANTIVÁNEZ, A.O. - 1965 - As serpentinas niquelíferas do Morro do Níquel em Pratapolis, Minas Gerais. Eng.Min., Met. V.XLII, n° 248, pp. 61-64.

- SOARES, P.C. (Coordenador) (1980) - Projeto Jacuĩ, Relatório Final. Convênio DNPM/UNESP - Campus de Rio Claro (Inédito).
- SPENCE, C.P. (1967) - The Noranda area, in Can.Inst.Mining.Met. Fillot excursion Guidebook, 36-39.
- SWENSSON, T. (1968) - Produção de Ferro-Níquel na usina do Morro do Níquel S/A. VI SICEG, VI Semana de estudos de Ouro Preto.
- TEIXEIRA, N.A. (1978) - Geologia, Petrologia e prospecção geoquímica da sequência vulcano sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG). Tese de Mestrado. Univ.de Brasília (DF).
- TEIXEIRA, N.A. e DANNI, J.C. (1979a) Geologia da raiz de um greenstone belt na região de Fortaleza de Minas, Minas Gerais. Rev. Bras. Geoc. 9 (1): 17-26.
- TEIXEIRA, N.A. e DANNI, J.C. (1979b) - Petrologia de lavas metabásicas das sequências vulcano sedimentar Morro do Ferro. Fortaleza de Minas (MG). Rev. Bras.Geol. 9 (2): 151-158.
- VAN BILJON, W.J. - 1980 - The distribution in space and time of precambrian metal deposits in Southern Africa - Mem.BRGM nº 106, 25-37.
- VILJOEN, M.J.; VILJOEN, R.P. (1969) - The geology and geochemistry of the Lower Ultramafic Unit of the Onverwacht Group and a proposed new classification of igneous rocks. Geol. Soc. South Africa, Spec. Publ., 2: 55-85.
- WERNICK, E. (1967) - A geologia da região de Amparo, leste do Estado de São Paulo. Tese F.F.C.L. de Rio Claro. São Paulo.

- WERNICK, E. (1972) - Granitos pórfiros dos arredores da Serra Negra, Valinhos e Amparo, e suas relações com o maciço de Morungaba, Leste do Estado de São Paulo. Rev. Bras.Geoc. 2 (2) 129-138.
- WERNICK, E. (1978a) - Contribuição à estratigrafia do Prê-Cambriano do leste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas. Rev. Bras. Geoc., 8 (3): 206-216.
- WERNICK, E. (1978b) - Contribuição à geologia do Maciço de Guaxupê (SP) e (MG) - An.Acad.Bras.Ciênc., 50 (3): 337-352.
- WERNICK, E.; HASUI, Y. e BRITO NEVES, B.B. de (1978) - As regiões do dobramento Nordeste e Sudeste. An. XXX Congr. Bras. Geol., 6: 2493-3507, Recife.
- WERNICK, E.; ALMEIDA, F.F.M. de (1979) - The geotectonic environments of Early Precambrian granulites in Brazil. Precambrian Res., 8: 1-17.
- WERNICK, E. e FIORI, A.P. (1979) - Contribuição à Geologia da Borda Sul do Cráton do São Francisco. Simpósio sobre o Cráton do São Francisco (no prelo). Salvador.
- WILLIAMS; D.A.C. (1972) - Archaean ultramafic, mafic and associated rocks, MT. Monger Western Australia. J. Geol.Soc. Aust., 19, 163-188.

LEGENDA

OBS.: OS NÚMEROS NAS EXTREMIDADES DA FOLHA (20/00; 20/20 E 40/00; 40/20) PERMITEM SUPERPOSIÇÃO COM AS DEMAIS FIGURAS EM ESCALA 1:5.000

FIGURA 13

MAPA DE AFLORAMENTOS

LOCAL: FORTALEZA DE MINAS (M.G.)
ESCALA: 1:5.000

AUTOR: SEBASTIÃO GOMES DE CARVALHO

MAPA GEOLOGICO DOS ARREDORES DE FORTALEZA DE MINAS

MAPAS BASE folhas topográficas do -INSTITUTO BRAS. DE GEOGRAFIA-

POSIÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS FOLHAS

CÁSSIA	PASSOS	FURNAS
S. SEBAST. DO PARAÍSO	FORTALEZA DE MINAS	ALPINÓPOLIS
MONTE S. DE MINAS	JACUI	NOVA RESENDE

LOCALIZAÇÃO DO MAPA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1980

A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA CRESCE 7" ANUALMENTE

ESCALA 1:25.000

CONVENÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

- QUARTZITO CANASTRA
- BRECHAS FOSFÁTICAS E CALCÁREAS
- METARENITOS E METASILTITOS
- QUARTZITO FERÍFERO
- FILITOS E CALCÁRIOS
- CALCÁRIOS EM ASSOCIAÇÃO COM CAMADAS FOSFÁTICAS
- CLORITA SERICITA QUARTZO XISTO LEVEMENTE MAGNÉTICOS
- ROCHAS CATACLÁSTICAS
- TALCO XISTO
- CLORITA XISTO
- ACTINOLITA XISTO
- SERPENTINITO
- EMBASAMENTO CRISTALINO

CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- LOCALIDADES
- Cidade
- HIDROGRAFIA
- ESTADAS DE RODAGEM
- Principais
- Secundárias
- OBS. ÁREA MAPEADA NA ESCALA 1:5.000

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato observado
- Afloramentos observados
- Falha observada
- Falha inferida
- Falha de empurrão
- Direção de mergulho de xistosidade
- S₀ S₁ S₂ S₃

FIG. 16

- SEBASTIÃO GOMES DE CARVALHO
AUTORES - PAULO CESAR SOARES
- ALBERTO PIO FIORI

PERFIL A A'

CONVENÇÕES

ESTATIGRÁFICAS

- QUARTZO LEITOSO
- CHERTS FERRÍFEROS E/OU GRAFITOSOS
- TALCO XISTO, PODENDO CONTER MAIORES OU MENORES QUANTIDADES DE ACTINOLITA-TREMOLITA, CLORITA, SERPENTINA E TALCO.
- CLORITA XISTO, PODENDO CONTER MAIORES OU MENORES QUANTIDADES DE SERPENTINA, QUARTZO, TALCO, ACTINOLITA-TREMOLITA.
- ACTINOLITA-TREMOLITA XISTO, PODENDO CONTER MAIORES OU MENORES QUANTIDADES DE CLORITA, TALCO, EPIDOTO.
- SERPENTINITO
- EMBASAMENTO CRISTALINO

GEOLÓGICAS

- FALHA TRANSCORRENTE
- FALHA INFERIOR
- DIREÇÃO DE MERGULHO DE XISTIDADE

TOPOGRÁFICAS

- ESTRADAS SECUNDÁRIAS
- HIDROGRAFIA
- 40/20 VERTICE DA ÁREA, DETALHADA COM PROSPECÇÃO E PESQUISA

ESCALA = 1:5.000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

AUTOR: SEBASTIÃO GOMES DE CARVALHO

FIGURA - 17

MAPA GEOLÓGICO DE DETALHE

LOCAL: FORTALEZA DE MINAS (MG.)
ESCALA: 1:5.000

BASE TOPOGRÁFICA = PLANTA DE PIQUETERMENTO EM
MALHA DE 200 X 100 m.

ESCALA VERTICAL 1:5000
PERFIL B-B' ESCALA HORIZONTAL 1:5000

FIG. 18

DIAGRAMA DOS CONTORNOS DOS POLOS AS SUPERFÍCIES "S" DOS ARREDORES DE FORTALEZA DE MINAS

T 706

CONVENÇÕES

TOPOGRÁFICAS

Cidade

— Estrada Principal

— Estrada Secundária

— Caminho

— Drenagem

— Divisor d' Água

GEOQUÍMICAS

ESTAÇÕES GEOQUÍMICAS COM IDENTIFICAÇÕES DOS METAIS ANALISADOS.

○ — Ni, Cu, Co.

● — Ni, Cu, Co, Au, Cr.

ESCALA 1: 25.000

Figura - 21

MAPA DE BACIAS E
SUB-BACIAS DE DRENAGEM

FIGURA - 22

FIG. 23A

LEGENDA

0 - 400

400 - 1000

1000 - 2.000

2000 - 3.000

> 3.000

ESCALA - 1:5.000

MAPA DE ANOMALIAS
DE Ni EM SOLO.

LEGENDA

-0 - 1.000

-1.000 - 2.000

-2.000 - 3.000

- > 3.000

ESCALA = 1:5000

FIGURA - 238

MAPA DE ANOMALIAS
DE Cr EM SOLO

LEGENDA

ESCALA

1:5.000

FIGURA - 23C

MAPA DE ANOMALIAS
DE Co EM SOLO.

20
00

20
20

40
00

40
20

LEGENDA

- 0 - 100
- 100 - 200
- 200 - 400
- 400 - 800
- 800 - 1.600
- > 1.600.

ESCALA

1:5.000

FIGURA - 23 D

MAPA DE ANOMALIAS
DE Cu EM SOLO

CRÔMO

COBRE

COBALTO

NÍQUEL

EM TODA ÁREA

SERPENTINITO

TALCO-XISTO

ACTINOLITA-XISTO

CLORITA XISTO

INL 1706