

## RESUMO DE DISSERTAÇÕES DE MESTRADO desenvolvidas e defendidas no Programa de Pós-Graduação em Geologia

**Título:** *Geologia Estrutural e Tectônica do Grupo Andrelândia na Região de Baependi-São Lourenço-Pouso Alto / MG. no Contexto do Cinturão de Cisalhamento Rio Paraíba do Sul*

**Autor:** Ulisses Cyrino Penha

**Orientador:** Prof. Dr. Eduardo Antônio Ladeira

**Co-orientadora:** Profa. Dra. Lydia Maria Lobato

### Resumo

A área situada entre as cidades de Baependi, São Lourenço e Pouso Alto (sul do Estado de Minas Gerais) compreende rochas do Grupo Andrelândia e, em menor expressão, de seu embasamento.

A análise da disposição dos elementos estruturais planares e lineares permitiu a individualização de três domínios estruturais para a área, todos evidenciando deformação essencialmente não coaxial em regime dúctil. O padrão estrutural é do tipo amendoado, com desenvolvimento de zonas de cisalhamento mais ou menos expressivas e portadoras de estruturas meso e microscópicas francamente miloníticas. Durante o transporte tectônico, o aloctonismo desfez as relações originais dos corpos rochosos, lenticularizando-os e transpondo isógradas metamórficas, o que inviabiliza qualquer tentativa de reconstrução estratigráfica.

As rochas foram metamorfozadas regionalmente na fácies anfíbolito média a alta (zonas de compressão, com aumento de temperatura), ao passo que em situações de descompressão, onde a pressão de fluidos foi superior à litostática, reações de hidratação deram origem a associações minerais da fácies xisto-verde.

O modelo de evolução tectônico proposto admite um processo colisional oblíquo em regime dúctil, com cavalgamentos de baixo a médio ângulos, complicados tardiamente por transcorrências dextrais de alto ângulo, no âmbito do Cinturão de Cisalhamento.

**Título:** *Evolução e Gênese das Rochas Granulíticas e Charconíticas da Região de Mangalô, MG: Uma Proposta a partir do Estudo de Inclusões Fluidas.*

**Autora:** Neliane Alves Martinez

**Orientadores:** Prof. Dr. Antônio Gilberto Costa e Prof. Dr. Kazuo Fuzikawa.

### Resumo

Na região leste de Minas Gerais ocorrem rochas metamórficas cujas paragéneses minerais indicam que estas, posicionadas tectonicamente lado a lado, foram metamorfozadas em eventos distintos sob condições do fácies anfíbolito alto e do fácies granulito. As rochas granulíticas, tidas como as mais antigas, sofreram processo de fusão parcial, com geração de líquidos enderbíticos. As rochas metamorfozadas sob condições do fácies anfíbolito alto, os gnaisses kinzigíticos,

também foram submetidos à processos de fusão parcial, gerando os cordierita e/ou granada granulíticas. Rochas geradas nestes eventos foram indistintamente retrometamorfisadas. Em um estágio final as rochas da região foram ainda submetidas a um evento metassomático sílico-potássico, associado à formação dos cordierita e/ou granada granulíticas. Em parte, identifica-se como resultado uma extensa charnockitização daqueles enderbíticos, gerados por processos de fusão parcial sob condições do fácies granulito.

O estudo de inclusões fluidas em granulitos básicos, enderbíticos, charnockitos, granulíticas porfirídes e nos cordierita e/ou granada granulítica, foi desenvolvido na Região de Mangalô-MG.

Para as rochas formadas sob condições do fácies granulito, foram identificadas inclusões de composição carbônica, além de inclusões ricas em metano e/ou nitrogênio, que são freqüentes neste tipo de ambiente. O fluido carbônico presente nestas rochas tem sua origem a partir do manto.

Nos cordierita e/ou granada granulíticas, resultantes da anatexia dos gnaisses kinzigíticos, as inclusões identificadas são de composição essencialmente carbônica, com possível presença de metano e/ou nitrogênio. Estas rochas apresentam inclusões nos minerais de plagioclásio, quartzo e feldspato potássico, o que possibilitou, baseado na seqüência de cristalização destes, a caracterização de uma evolução contínua do fluido carbônico presente. As fontes mais prováveis deste fluido seriam: 1) a partir da oxidação da grafita, presente nos gnaisses kinzigíticos; 2) a partir da reação entre a sílica e o carbonato, formando minerais calciosilicáticos com conseqüente liberação de CO<sub>2</sub>.

Inclusões ricas em H<sub>2</sub>O também foram identificadas nestas rochas, e representam fluidos de aprisionamento tardio.

**Título:** *Estudo Microestrutural das Rochas do Complexo Granito-Gnáissico de Caeté na Região de Contato com o Grupo Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero-MG*

**Autora:** Andréa Fonseca da Costa

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Alberto Rosière

### Resumo

O Complexo Granito-Gnáissico de Caeté (CGGC) se posicionou provavelmente no Arqueano como um corpo granodiorítico, intrusivo em um antigo segmento crustal. Posteriormente foi gnaissificado em um evento tectono-termal de idade 2,2 Ga..

O maciço como um todo foi submetido à uma tectônica tangencial, no Ciclo Brasileiro, que o colocou em contato com os xistos do Grupo Nova Lima. Esta

tectônica é caracterizada por dois sistemas de cavalgamento, que se propagaram de E para W em fases distintas: primeiro o Sistema de Cavalgamento Córrego do Garimpo e depois o Sistema de Cavalgamento do Fundão.

Esta tectônica causou deformação em regime de cisalhamento dúctil nas rochas do complexo, gerando microestruturas típicas dos mecanismos de deformação de plasticidade cristalina (*kink-band*, geminação mecânica, processos de recuperação e recristalização) e transferência de massa por difusão (caudas e sombras de pressão e clivagem de crenulação).

Associado a este evento deformacional, as rochas do CGGC foram submetidas a ação de um fluido que as alterou hidrotermalmente, transformando a rocha quartzo-feldspática original, da facies metamórfica epidoto-anfibolito, para uma assembléia quartzo-sericítica, compatível à facies xisto-verde.

**Título:** *Modelagem Geotectônica do Quadrilátero Ferrífero*

**Autor:** Ricardo Diniz da Costa

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Alberto Rosière

#### Resumo

A modelagem geotectônica tem sido aplicada na Geologia como uma ferramenta útil para reproduzir fenômenos geológicos nas mais variadas escalas. A modelagem do Quadrilátero Ferrífero apresentou-se como um desafio devido a morfologia pouco usual apresentada por suas estruturas. Utilizou-se para tal o modelador geodinâmico do CENPES/PETROBRÁS, desenvolvido segundo equipamento do Prof. Dr. Cobbold, com base no modelo conceitual de Chemale Jr. *et al.* Foi realizado apenas um experimento baseando-se nas premissas:

- 1 - analogia mecânica entre os materiais utilizados e crosta superior;
- 2 - simplicidade cinemática do modelo conceitual no evento compressivo;
- 3 - necessidade de estruturação prévia à compressão, possível com o simulador.

Os resultados são apresentados através de imagens gráficas para permitir ao leitor uma interpretação sem interferência do autor.

**Título:** *Depósito Aurífero de Riacho dos Machados, Minas Gerais: Hidrotermalismo, Deformação e Mineralização Associados.*

**Autora:** Elisabeth da Fonseca

**Orientadora:** Profa. Dra. Lydia Maria Lobato

#### Resumo

O depósito aurífero de Riacho dos Machados localiza-se na região norte do Estado de Minas Gerais e está inserido em rochas da Faixa de Dobramentos Araçuaí, borda leste do Cráton São Francisco. Encontra-se em fase de exploração em mina a céu aberto, pela Companhia Vale do Rio Doce, com reservas estimadas

em cerca de 3 milhões de toneladas métricas e teor médio de ouro de 2,2 g/t.

A geologia da área abrange um complexo gnáissico-migmatítico com corpos básicos associados ("embasamento), rochas supracrustais Pré-Macaúbas (Seqüência Metavulcanossedimentar Riacho dos Machados - SRM), rochas supracrustais do Grupo Macaúbas e intrusivas graníticas. Análises estruturais indicam cavalgamento E-W, onde rochas do embasamento e intrusivas graníticas sobrepõem a SRM. A mineralização é produto da alteração hidrotermal de xistos da Seqüência Metavulcanossedimentar Riacho dos Machados, representados por Xistos Aluminosos (XAL) e Xistos Quartzo-Feldspáticos (XQF), que foram afetados por um sistema de cisalhamento dúctil. Características texturais, mineralógicas e geoquímicas levam a sugerir como protótipo do XAL uma rocha sedimentar, provavelmente um folheto, e para o XQF uma provável vulcânica ácida.

A alteração hidrotermal, associada à deformação, promove reações metassomáticas, com contínuas modificações na textura, mineralogia e geoquímica das rochas encaixantes, em decorrência de interação com os fluidos que percolam ao longo de zonas de cisalhamento, em diferentes razões fluido-rocha. Foram gerados vários tipos petrográficos, atribuídos a diferentes estágios da alteração, denominados de inicial, intermediário e avançado.

O estágio inicial é representado por quartzo-biotita-plagioclásio xistos com granada, estauroлита e cianita (XAL) e quartzo-plagioclásio-flogopita xistos (XQF), cujas paragêneses são compatíveis com a fácies anfibolito. Cálculos de P e T no XAL, através de variações composicionais em minerais, obtidas em microsonda eletrônica, determinaram temperaturas na faixa de 520-560° e pressões em torno de 4 kbar.

Os quartzo-biotita-plagioclásio xistos gradam para milonitos cloríticos no estágio intermediário, ocorrendo porções onde não se observa cloritização, mas uma alteração parcial de biotita à muscovita, caracterizando milonitos muscovíticos. No XQF não ocorre um estágio intermediário clorítico, registrando-se muscovitização gradativa dos silicatos originais. Ambos os tipos litológicos produzem no estágio avançado, um quartzo-muscovita xisto (com sulfetos), que é a rocha hospedeira da mineralização.

O incremento da alteração ocorre concomitantemente com o aumento de intensidade da deformação. No estágio inicial, a xistosidade  $S_n$ , de aspecto milonítico, é a mais pervasiva, e os porfiroblastos de granada, estauroлита e cianita, pelo menos em parte, são sintectônicos. No estágio intermediário, o aparecimento de estruturas S-C é mais freqüente e os minerais apresentam sinais de deformação plástica mais intensa. A foliação  $S_n$  encontra-se comumente crenulada, com deformação de uma clivagem de crenulação  $S_{n+1}$ , característica do quartzo-muscovita xisto.

As reações do estágio inicial são essencialmente de desidratação, as primeiras com consumo de  $H^+$ ,

indicando fluido infiltrante levemente ácido, que é tamponado pelas reações, em condições de baixas razões fluido-rocha. O estágio intermediário é dominado por reações de hidratação e/ou de cátions, mostrando evolução do fluido para condições de pH mais elevado, favoráveis à solubilidade de Au-S-complexos. A liberação de  $H^+$  de algumas destas reações propicia a diminuição do pH fluido, não tamponado, no estágio avançado, facilitando a precipitação do Au.

A íntima associação do ouro com o produto avançado da alteração (QMX), onde os minerais originais são quase completamente consumidos, indicada que o processo de segregação e concentração de elementos químicos/minerais é o próprio processo de mineralização, com concentração de elementos químicos/minerais é o próprio processo de mineralização, com concentração de ouro. A precipitação do metal provavelmente foi controlada por uma série de mudanças nos parâmetros físico-químicos da solução hidrotermal, em função das interações fluido-rocha, ressaltando-se a mudança no pH.

Cálculos de balanço químico de massa no XAL e XQF indicam aparente aumento de volume de 0,5 e 0,3% (dentro dos desvios-padrão), respectivamente, indicando que do estágio inicial para o avançado praticamente não houve mudança volumétrica. Há uma tendência geral de adição de  $SiO_2$ ,  $K_2O$ , P.F., S, As, Rb e Au (já observado na biotita xisto), e remoção de CaO, MgO,  $Na_2O$ , Sr, V. Os elementos de terras raras mantêm-se relativamente estáveis.

Resultados preliminares de isótopos de oxigênio em rocha total do XAL mostram um ligeiro aumento nos valores isotópicos das rochas menos alteradas para as mais alteradas. Assumindo temperatura de 535°C para as rochas do estágio inicial, obtém-se valores isotópicos para o fluido entre + 10‰ e 14‰, compatíveis com uma origem metamórfica para o fluido em equilíbrio com o XAL.

Estudos de *PT-time paths*, baseados nas mudanças composicionais das bordas da granada no XAL, refletem variações isotérmicas na pressão litostática entre 4 e 5,8 kbar, suportando a hipótese de rápido espessamento crustal, seguido de imediata descompressão, por erosão. O rápido espessamento crustal pode explicar a formação de cianita no XAL à temperaturas em torno de 535°C (valor significativamente inferior àquele obtido por determinações experimentais), e ainda o caráter ácido do fluido infiltrante. A alteração hidrotermal pervasiva, em ambos os estágios intermediário e avançado, é provavelmente relacionada à descompressão isothermal, que permitiu a rápida ascensão desse fluido de desidratação profunda.

O modelo de mineralização sugerido para o Depósito de Riacho dos Machados envolve o cavalgamento de rochas da infraestrutura sobre a SRM, impondo condições de  $P_L \gg Pf$ , o que propicia reações de desidratação, com a produção de grandes volumes de

fluidos. A migração de fluidos através de zonas de cisalhamento e interação com encaixantes em diferentes razões fluido-rocha (pontualmente com  $Pf \gg P_L$ ), resulta na alteração hidrotermal, localmente caracterizada por reações não tamponadas, facilitando a precipitação de ouro.

**Título:** *Análise Estrutural Descritiva e Cinemática do Flanco Sul e Terminação Periclinal do Anticlinal de Mariana e Adjacências, Região Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil*

**Autor:** Hermínio Arias Nalini Júnior.

**Orientação:** Prof. Dr. Carlos Alberto Rosière e Msc Issamu Endo

### Resumo:

O presente trabalho objetivou a análise descritiva e cinemática das estruturas tectônicas desenvolvidas na região do Anticlinal de Mariana e adjacências, sudeste do Quadrilátero Ferrífero. Dessa forma, a análise geométrica de estruturas microscópicas a megascópicas da área, permitiu a caracterização de dois eventos tectônicos: um extensional e um compressional subsequente.

O evento extensional foi caracterizado pelos dobramentos regionais do Anticlinal de Mariana e Sinclinal Dom Bosco, por dobras ( $F_{ex}$ ) parasíticas, pela foliação ( $S_{ex}$ ) paralela ao acamamento e fraturas de tração preenchidas por veios.

O regime extensional promoveu o soerguimento do embasamento da região e o arqueamento das seqüências supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas e Minas. A atuação do mecanismo de deslizamento e/ou fluxo flexural pode ser atribuído a esse evento.

O evento compressional caracteriza-se por um transporte tectônico de leste para oeste e é representado por três fases deformacionais.

A fase  $D_1$  caracteriza-se por dobramentos e cavalgamentos, sendo geradas as seguintes estruturas: ( $S_{m1}$ ), lineação de estiramento mineral ( $L_{est1}$ ) e por falhamentos de empurrão (Falha do Fundão) e Água Quente).

O flanco sul, nordeste e a terminação periclinal do Anticlinal de Mariana, caracterizam-se, respectivamente, como rampa lateral com movimento dextral, rampa oblíqua com movimento dextral e rampa frontal.

O padrão arqueado dos falhamentos inversos da fase  $D_1$ , na região sudeste do Q.F., denotam movimentos diferenciais de arraste contra um obstáculo (Anticlinal de Mariana) e uma calha (Sinclinal Dom Bosco), originados anteriormente pelo evento extensional.

A fase  $D_2$  é caracterizada pela clivagem espaçada ou de crenulação EW ( $S_2$ ), pela lineação de intersecção ou de crenulação ( $L_2$ ), por dobras abertas com eixo EW e por falhas direcionais aproximadamente EW.

A fase  $D_3$  é representada pela clivagem de crenulação NS ( $S_3$ ), pela lineação de crenulação ( $L_3$ ), dobras abertas ortorrômbicas ou monoclinicas vergentes para E e fraturamento EW e NE.

Postula-se a atuação alternada de falhas de empurrão e do tipo *wrench* como condicionantes principais do arcabouço estrutural da região. Tal fato decorreu da obstrução da extensão horizontal ( $\sigma_{III}$ ) por condicionantes laterais (resistência friccional e blocos do embasamento adjacentes) fazendo com que o encurtamento horizontal fosse compensado por um espessamento na direção vertical, a qual se tornou a direção de extensão ( $\sigma_{III}$ ).

**Título:** *A Gênese e a Dinâmica da Lagoa Santa com Base em Estudos Palinológicos, Geomorfológicos e Geológicos de Sua Bacia*

**Autora:** Maria Giovana Parizzi

**Orientador:** Prof. Dr. Heinz Charles Kohler

**Co-Orientadora:** Profa. Dra. Maria Léa Salgado Labouriau

**Resumo:**

A gênese e a dinâmica da Lagoa Santa foram estabelecidas através de estudos palinológicos, geológicos e geomorfológicos de sua bacia.

Acredita-se, neste trabalho, na hipótese de KOHLER (1978, 1989) sobre a origem paleocárstica do *polje* aberto que aloja a Lagoa Santa. Entretanto, sua gênese foi atribuída ao represamento do Córrego Bebedouro, outrora Francisco Pereira, após um intenso deslizamento de terra, por volta de 6.200 A.P.. Este processo de deslizamento de terra e o represamento deste córrego são apoiados, dentre outros fatores, principalmente pelas profundas cicatrizes de erosão encontradas próximas ao local e a grande quantidade

de sedimento argiloso depositado na várzea do Bebedouro.

A interpretação do conteúdo palinológico dos sedimentos da Lagoa Santa possibilitou a reconstituição da sua história evolutiva onde cinco fases foram detectadas:

I - Por volta de 6.200 A.P., a lagoa estava praticamente seca. Clima mais seco que o presente.

II - Há aproximadamente 5.020 anos A.P. uma fase intermitente da lagoa é comprovada pela presença de grãos mal preservados, indicando que o fundo da depressão secava periodicamente. O conjunto palinológico indica a predominância de uma vegetação campestre. Provavelmente, a duração dos meses de seca era maior que no presente.

III - Cerca de 4.600 anos A.P. a lagoa torna-se perene. A vegetação de cerrado torna-se predominante. O clima nesta fase devia ser mais úmido, com uma estação seca curta.

IV - Entre cerca de 3.000 e 1.800 anos A.P.. Fase de maior umidade, caracterizada pela vegetação de cerrado com muitos elementos arbóreos e por matas úmidas exuberantes.

V - A partir de 1.000 anos A.P., o clima torna-se mais seco que o da fase anterior. No topo do testemunho, provavelmente, a partir da colonização local no século VIII, a atividade antrópica pode ser observada através de indicativos de desmatamento e atividades pecuárias. Os dados obtidos no topo do testemunho aproximam-se dos dados modernos onde a atividade antrópica torna-se ainda mais acentuada.

Atualmente, a lagoa vem sendo assoreada pelo intenso processo de voçorocamente atuante em sua bacia. A ação antrópica é fator decisivo para a aceleração dos processos erosivos.