

A BACIA DE ANTEPAÍS PALEOPROTEROZÓICA SABARÁ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS

LUCIANA ANDRADE REIS¹, MARCELO A. MARTINS-NETO^{1,2}, NEWTON SOUZA GOMES², ISSAMU ENDO²
& HANNA JORDT-EVANGELISTA²

ABSTRACT THE PALEOPROTEROZOIC SABARÁ FORELAND BASIN, IRON QUADRANGLE, MINAS GERAIS, BRASIL The Sabará Group is a 3 - 3.5 km thick sequence composed of schists, meta-sandstones, meta-siltites, meta-conglomerates, meta-diamictites, meta-rhythmites and pelites. The rocks of the Sabará Group record a significant change of depositional setting and sediment source comparing with the rest of the Minas Supergroup. The Sabará Group occurs suitable for sedimentological-stratigraphical analysis in the Dom Bosco syncline, Moeda syncline and in the Serra do Curral. The Sabará Group was divided into the following ten facies, which occur in the field arranged in coarsening-upward (CU) successions: massive conglomerate (debris flow), coarse diamictite (debris flow), fine diamictite (debris flow), mixed greywacke (mass flow), arkosic greywacke (mass flow), tabular sandstone (turbidity currents), rhythmite (turbidity currents), siltite (low-density turbidity current), pelite (deposition of suspension) and black shale (deposition of suspension). These facies deposited in a talus fans/submarine fans/basin system tract. The Sabará Group represents foreland basin deposits related to the Transamazonian Orogeny. The clast suite of the diamictites and conglomerates points to erosion and reworking of supracrustal sequences (Minas Supergroup and Rio das Velhas Supergroup) and uplifted basement. The Sabará Group provenance plots show mixed source areas, predominating intermediate igneous and quartzose sedimentary provenance, although felsic and mafic igneous also contributed. These data indicate a compartmentalized, complex source area. The tectonic setting plots indicate a provenance from active continental margin/continental magmatic arc. The Sabará Group represents probably a Transamazonian compartmentalized foreland basin development during deformation uplift and erosion of Archean and Paleoproterozoic deposits of the Mineiro Belt. The Sabará basin, based on the location of its deposits and petrofacies, can be divided into three sub-basins: Antônio Pereira-Ouro Preto-Mariana-Rodrigo Silva, Lagoa das Codornas and Sabará-Belo Horizonte-Ibirité-Fernão Dias sub-basins.

Keywords: Basin analysis, depositional model, Sabará Group, Paleoproterozoic, Iron Quadrangle.

RESUMO Grupo Sabará é uma seqüência de 3 – 3,5 km de espessura, composta por xistos, metarenitos, metassiltitos, metaconglomerados, metadiamicítitos, metarrítmitos e filitos, cujos protólitos são grauvacas, arenitos, siltitos, conglomerados, diamicítitos, ritmíticos e pelíticos. Este grupo ocorre de forma suscetível a uma análise sedimentológico-estratigráfica no Sinclinal Dom Bosco, Sinclinal Moeda e na Serra do Curral. O Grupo Sabará foi dividido, neste trabalho, nas seguintes fácies, que ocorrem organizadas em sucessões em granocrescência ascendente (CU): conglomerado maciço (fluxo de detritos), diamicítico grosso (fluxo de detritos), diamicítico fino (fluxo de detritos), grauvaca mista (fluxo de massa), grauvaca arcossiana (fluxo de massa), arenito tabular (correntes de turbidez), ritmítico (correntes de turbidez), siltito (estágios finais de correntes de turbidez), pelito (deposição da suspensão) e folhelho negro (deposição da suspensão), depositados em um sistema de leques proximais/leques submarinos/bacia. O Grupo Sabará representa os depósitos de uma bacia do tipo antepaís relacionada com o Evento Transamazônico. Os clastos presentes nos diamicítitos e conglomerados indicam retrabalhamento de seqüências supracrustais e do embasamento (Supergrope Minas, Supergrope Rio das Velhas e o embasamento soerguido). Os diagramas de proveniência plotados para o Grupo Sabará apontam para uma mistura de áreas fontes, predominando a proveniência ígnea intermediária e sedimentar quartzosa, embora proveniências ígnea felsica e ígnea máfica também ocorram, indicando compartimentação da área fonte. Os diagramas de proveniência por ambiente tectônico indicam uma proveniência de margem continental ativa/arco magmático continental. O Grupo Sabará representa provavelmente uma bacia de antepaís compartimentada, formada durante a deformação, soerguimento e erosão dos depósitos arqueanos e paleoproterozóicos do Cinturão Mineiro, de idade transamazônica. Esta bacia foi dividida em três sub-bacias: Sub-bacia Antônio Pereira-Ouro Preto-Mariana-Rodrigo Silva, Sub-bacia Lagoa das Codornas e Sub-bacia Sabará-Belo Horizonte-Ibirité-Fernão Dias com base na localização geográfica dos depósitos do Grupo Sabará em relação ao embasamento e supracrustais do Quadrilátero Ferrífero e nas suas petrofácies.

Palavras-chave: Análise de bacias, modelo deposicional, Grupo Sabará, Paleoproterozoico, Quadrilátero Ferrífero

INTRODUÇÃO O Grupo Sabará (Renger *et al.* 1994, ou Formação Sabará de Gair 1958, Dorr II 1969) é uma seqüência e de 3 - 3,5 km de espessura composta por xistos, filitos, metarenitos, metavulcanoclásticas, metaconglomerados e metadiamicítitos (Dorr II 1969, Barbosa 1979, Renger *et al.* 1994, Alkmim & Marshak 1998). Não existem na literatura modelos deposicionais sistematicamente construídos para esta unidade, apenas hipóteses de trabalho, erigidas na sua maioria através de mapeamentos geológicos (Dorr II 1969 - "eugeos-sinclinal do Geossinclinal Minas"), estudos de integração de dados tectônicos (Alkmim & Marshak 1998 - "bacia de antepaís da Orogenese Transamazônica") e/ou geocronológicos

(Renger *et al.* 1994 - "fácies sin-orogênica do Evento Transamazônico").

As hipóteses mais recentes indicam para o Grupo Sabará uma deposição em uma bacia do tipo de antepaís relacionada ao Evento Transamazônico, cuja sucessão seria do tipo flysch (Barbosa 1968, Dorr II 1969, Renger *et al.* 1994, Noce 1995, Alkmim & Marshak 1998).

O presente trabalho, em caráter inédito, tem como objetivo a caracterização da evolução sedimentar do Grupo Sabará, visando a apresentação de um modelo deposicional para este grupo, bem como checar a hipótese de deposição em bacia de antepaís. O estudo teve um caráter multidisciplinar, integrando

1 NUPETRO – Núcleo de Geologia do Petróleo - Fundação Gorceix, Ouro Preto/MG

2 Departamento de Geologia Escola de Minas Universidade Federal de Ouro Preto - Caixa Postal 173 - 35400-000 - Ouro Preto/MG, lucianaandradereis@hotmail.com - neto@degeo.ufop.br

dados petrográficos/petrológicos, litoquímicos, de fácies sedimentares, estratigráficos e tectônicos.

A área estudada encontra-se dividida em três setores: Setor I (Antônio Pereira, Mariana, Ouro Preto e Rodrigo Silva), Setor II (Lagoa das Codornas) e Setor III (Sabará, Belo Horizonte, Ibirité e Rodovia Fernão Dias), definidas de acordo com a distribuição dos afloramentos do Grupo Sabará (Fig. 1). O alto grau de alteração das rochas e a escassez de afloramentos limitaram a área de estudo.

Contexto Regional O Quadrilátero Ferrífero ocupa uma área de aproximadamente 7.190 km² na porção central do Estado de Minas Gerais, encontrando-se parcialmente inserido no extremo sudeste do cráton do São Francisco e parcialmente na

Faixa Araçuaí, de idade brasiliiana. São reconhecidas na região, além de complexos granítico-gnáissicos (Noce 1995), uma sucessão tipo *greenstone belt* de idade arqueana (Supergrupo Rio das Velhas) (Carneiro *et al.* 1998), além de supracrustais do Paleoproterozóico (Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi) (Dorr II 1969, Machado *et al.* 1996, Alkmim & Marshak 1998) (Fig. 2).

O Supergrupo Minas é uma sequência metassedimentar de idade paleoproterozóica (Babinski *et al.* 1991), interpretado como uma bacia intracratônica (Chemale *et al.* 1994) ou como uma sequência supracrustal de plataforma com substrato siálico (Marshak & Alkmim 1989). As rochas do Supergrupo Minas foram sujeitas ao metamorfismo da fácie xisto verde atingindo a fácie anfibolito nas porções leste, sudeste e nor-

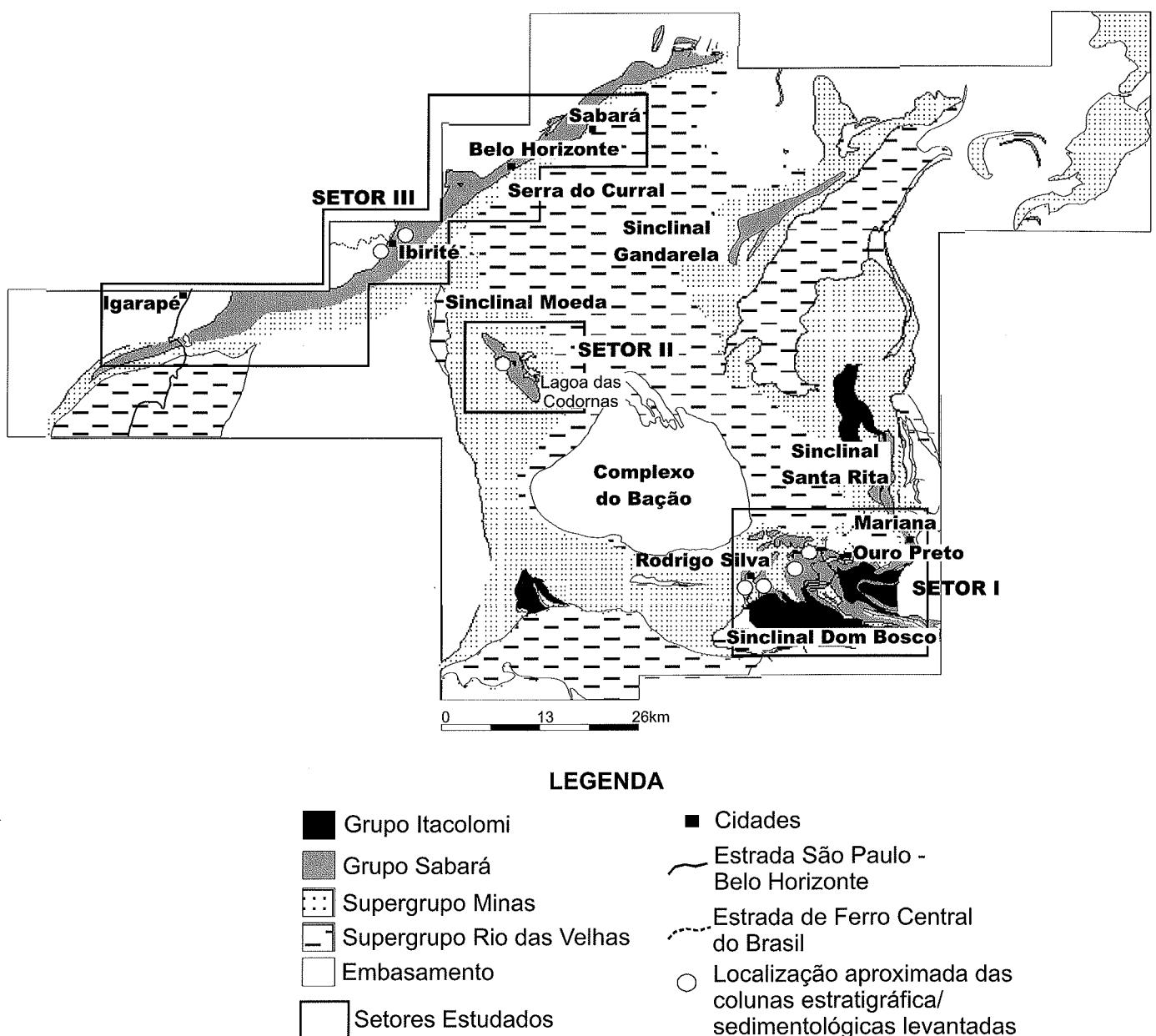


Figura 1 - Mapa de localização das áreas estudadas (setores) dentro do Quadrilátero Ferrífero, indicando localidades citadas no texto.

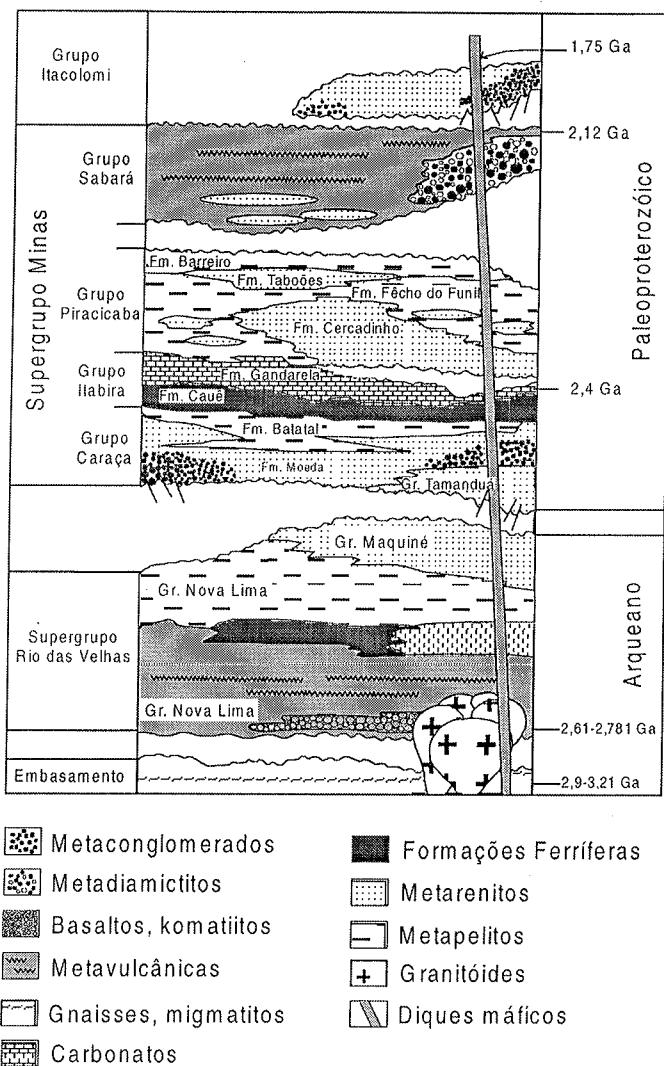


Figura 2 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero conforme Alkmim & Marshak (1998).

deste do Quadrilátero Ferrífero (Herz 1970). Esta unidade está em contato tectônico com o Supergrobo Rio das Velhas e os complexos granito-gnáissicos (Machado et al. 1996). Estratigráficamente, o Supergrobo Minas é composto pelos grupos Tamanduá, Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará (Dorr II 1969, Alkmim 1987, Rodrigues et al. 1993). O Grupo Sabará (Barbosa 1968, Renger et al. 1994), antiga Formação Sabará de Gair (1958), é a unidade superior do Supergrobo Minas, consistindo de um espesso pacote de 3 - 3,5 km de espessura composto por rochas clásticas localmente intercaladas com sedimentos químicos e rochas vulcânicas.

Segundo Machado & Noce (1993), a idade da deposição do Grupo Sabará pode ser balizada pelo Evento Transamazônico, no intervalo de 2125 e 2045 Ma, com duração de cerca de 80 m.a.. A idade máxima para a deposição do Grupo Sabará é balizada pela datação U-Pb de um zircão detritico idiomórfico com 2125 ± 4 Ma (Machado et al. 1989, 1992) ou 2131 ± 5 Ma (Machado et al. 1996), idades coincidentes com o início do Evento Transamazônico. A idade mínima para o Grupo Sabará não foi ainda bem determinada. Datações U/Pb em zircões

detríticos do sobreposto Grupo Itacolomi dão uma idade de 2059 ± 58 Ma (Machado et al. 1996).

PETROGRAFIA E PETROLOGIA O Grupo Sabará é constituído pelos seguintes litotipos: metaconglomerados, metadiamicítitos, metarenitos, xistos, metaritmitos e filitos. A Tabela 1 mostra uma síntese relacionando litotipo metamórfico e protólito sedimentar.

FÁCIES SEDIMENTARES O Grupo Sabará é constituído pelas seguintes fácies sedimentares (Tabela 2), definidas através de um levantamento sedimentológico sistemático: conglomerado maciço (Gm), diamictito grosso (Dg), diamictito fino (Df), grauvaca mista (Wm), grauvaca arcossiana (Wa), arenito tabular (A), ritmito (R), siltito (S), pelito (P) e folhelho negro (Fn) (Figs. 3, 4, 5).

RELAÇÃO VERTICAL DAS FÁCIES As fácies do Grupo Sabará estão arranjadas em sucessões de aproximadamente 760 m de espessura em granocrescência ascendente (CU - coarsening-upward). Várias sucessões em CU de aproximadamente 8 a 280 m, hierarquicamente inferiores, ocorrem dentro das sucessões maiores (Figs. 6, 7, 8, 9, 10, 11). Estes intervalos correspondem a intervalos tectono-deposicionais, que são definidos como intervalos estratigráficos com fácies geneticamente relacionadas, depositadas durante um período tectônico distinto dentro de uma fase tectônica da bacia (Da Silva 1993). Cada intervalo tectono-deposicional representa um evento progradacional com seqüências em CU. As porções finas basais representam taxas de geração de espaço de acomodação maiores que de suprimento sedimentar, enquanto os topo mais grossos indicam que o suprimento sedimentar suplantou a geração de espaço com o tempo.

Os intervalos tectono-deposicionais, presentes na região de Ouro Preto (Setor I, Figs. 6, 7), iniciam-se normalmente com grauvacas mistas e, localmente, com grauvacas arcossianas, embora alguns intervalos tectono-deposicionais começem com ritmitos, pelitos ou folhelho negro (Fig. 6). À medida que as condições proximais avançavam, estas fácies gradaram para fácies mais grossas, tais como diamictitos finos e grossos. Os intervalos tectono-deposicionais que iniciam com ritmitos, pelitos ou folhelho negro gradam para grauvacas e/ou arenitos antes de atingir as fácies mais grossas (Fig. 6). Localmente, tem-se a passagem de pelitos para diamictitos finos, sem a deposição das fácies intermediárias (grauvacas ou arenitos). Alguns intervalos tectono-deposicionais evoluem de forma diferente, ou seja, iniciam com grauvacas, gradam para pelitos, novamente gradam para grauvacas e, posteriormente, para diamictitos.

Na Lagoa das Codornas (Setor II, Fig. 8), o intervalo tectono-deposicional inicia-se com grauvacas que gradam para siltitos, pelitos, novamente siltitos, e posteriormente gradam para diamictitos grossos. Neste intervalo, observa-se a deposição de um pacote pelítico entre os pacotes de diamictitos, representando provavelmente uma queda no suprimento sedimentar para a bacia ou um pequeno pulso de subsidência. O suprimento de sedimentos é novamente retomado e depositam-se então as fácies proximais como diamictitos grossos e conglomerado, mostrando a progradação do lobo deposicional.

Na região de Ibirité (Setor III, Figs. 9, 10), os intervalos tectono-deposicionais são formados por fácies mais distais, ou seja, por grauvacas, arenitos, siltitos e pelitos. As fácies mais

Tabela 1 - Síntese relacionando litotipo metamórfico e protólito sedimentar do Grupo Sabará.

ROCHA METAMÓRFICA	PROTÓLITO SEDIMENTAR	DESCRIÇÃO
Metaconglomerado	Conglomerado	Clasto-suportados, polimíticos, mal selecionados, com seixo a matação de metarenito branco, cinza e rosa e, subordinadamente, granítóide, quartzo, xisto carbonoso e formação ferrífera, com grau de arredondamento variando de subarredondado a subangulosos. A matriz é pelítica, podendo ocorrer matriz grauvaqueana
Metadiamicrito grosso	Diamictito grosso	Grânulos a blocos angulosos a subarredondados de metarenitos, formação ferrífera, dolomito, filitos, granítóides e quartzo. Matriz composta por sericita e clorita, mais fração areia (fina a grossa, mal selecionada) composta por fragmentos de quartzo mono e policristalino, metachert e opacos. A matriz verdadeira (15%) confunde-se com pseudo-matriz
Metadiamicrito fino	Diamictito fino	Grânulos (raros seixos e calhaus) sub-angulosos a sub-arredondados de granítóides, metarenitos, de ferrífera formação ferrífera, dolomito, filitos e quartzo. A fração areia da matriz (fina a grossa, mal selecionada) é composta por fragmentos de plagioclásio, microclina, quartzo e opacos, inclusos numa fração pelítica constituída por clorita e sericita
Xisto misto	Grauvaca mista	Fração areia composta por quartzo mono e policristalino e fragmentos líticos predominantemente de filitos. Localmente fragmentos de feldspatos. A matriz é constituída por mica branca, sericita, biotita em algumas amostras, leucoxênio, limonita (secundária), e opacos
Sericita-quartzo-feldspato xisto	Grauvaca arcoseana	Rica em componentes feldspáticos e, subordinadamente, componentes quartzosos e líticos (granítóides)
Metarenito	Arenito quartzoso	Mal selecionados, finos a médios, compostos, na região de Ibirité, por quartzo mono e policristalino, feldspatos (plagioclásio e microclina) e metachert. A matriz, localmente presente, é composta por quartzo, albita, epidoto, opacos, sericita e clorita. Arenitos da região de Ouro Preto são compostos predominantemente por quartzo mono ou policristalino (70 a 90%), mica branca, clorita, antigorita e cloritóide em algumas Amostras, limonita e opacos
Metarrítimo	Ritmítico	Compostos por lâminas milimétricas predominantemente de quartzo e lâminas ricas em sericita e clorita. Algumas lâminas são constituídas por quartzo, sericita e clorita em proporções aproximadamente iguais. Níveis filíticos ricos em sericita, clorita, minerais opacos prismáticos e quartzo granular e alongado.
Metassiltito	Siltito	Finamente laminados, compostos por quartzo e sericita
Filito	Pelito	Compostos por sericita e em pequena porcentagem, quartzo, opacos e zircão, apatita, epidoto e turmalina como acessórios. Em algumas amostras ocorre zeólita
Filito Negro	Folhelho Negro	Grafíticos (carbonosos)

grossas, como diamictitos e conglomerados ocorrem localmente em afloramentos esparsos, intercalados com diamictitos grossos. A Fig. 9 mostra um intervalo tectono-deposicional iniciando com grauvaca com finas intercalações de arenitos, que gradam para arenitos finos e médios. A maioria das camadas de arenitos ocorre amalgamada, representando provavelmente a erosão ou não deposição dos pelitos. Na seção levantada a leste de Ibirité (Fig. 10), as fácies também são distais, na sua maioria amalgamadas e arranjadas localmente em sucessões em CU. Os intervalos tectono-deposicionais iniciam com pelitos ou siltitos e gradam para arenitos finos ou médios. Nesta mesma seção, aproximadamente em 154 a 166 m, observa-se um espessamento ascendente das camadas (*thickening-upward*), indicando provavelmente uma progradação do lobo deposicional (Walker 1984, 1992).

MODELO DEPOSICIONAL O modelo deposicional proposto para o Grupo Sabará corresponde a uma adaptação ao modelo leque submarino de Walker (1978). As fácies do Grupo Sabará correspondem a depósitos de fluxo de detritos, fluxo de massa e turbiditos proximais, intermediários e distais em

ambiente aquoso (Fig. 12). Portanto, o modelo proposto para este grupo é de leque submarino com planície de bacia. Adicionalmente, conglomerados e diamictitos representariam leques de encosta proximais (Fig. 12).

O modelo de leques submarinos proposto para o Grupo Sabará é constituído por canal(is) de alimentação, declive da bacia, leque superior, leque médio, leque inferior e planície de bacia. O leque superior normalmente é constituído por facies de canal, intercaladas com leques de encosta proximais. O leque médio é formado por vários lobos canalizados ou não, enquanto o leque inferior é constituído por leques distais não-canalizados. Os leques canalizados alimentam os lobos deposicionais, sendo denominados de supraleques (Normark 1978). As fácies do Grupo Sabará podem ser associadas ao declive, ao leque e à planície bacinal (Muti e Ricci Lucchi 1972), como mostra a Fig. 12. A alimentação do leque submarino foi feita, provavelmente, através de vários canais de alimentação que se dispersaram dentro da bacia.

Outro modo de alimentação foi proporcionado pelos leques de encosta proximais, através de fluxos de massa oriundos de uma fonte relativamente próxima (Fig. 12). Desta forma, as

Tabela 2 - Fácies sedimentares do Grupo Sabará.

Fácies	Características Litológicas	Feições Sedimentares	Processos Depositionais
Gm - Conglomerado maciço	Conglomerado clasto suportado com clastos (seixos a matacões) predominantemente de arenito branco, cinza e rosa, localmente predominando embasamento ou dolomito. Matriz siltargilosa, localmente arenosa	maciço, não gradado; 10-20 % de matriz	Fluxo de detritos
Dg - Diamictito grosso	Diamictito com clastos (seixos a matacões) subarredondados a subangulosos predominantemente de arenito branco, cinza e rosa, localmente predominando embasamento ou dolomito, subordinadamente quartzo, pelitos e formações ferríferas. Matriz grauvaquiana, localmente grafítica ou arenosa	Proporções variadas clastos/matriz	Fluxo de detritos
Df - Diamictito fino	Diamictito com grânulos (localmente seixos ou calhaus esparsos) subarredondados a subangulosos predominantemente de embasamento e arenitos, e subordinadamente de quartzo, pelitos, pelitos dolomíticos, chert, e formação ferrífera. Matriz grauvaquiana, localmente grafítica ou arenosa	Proporções variadas clastos/matriz	Fluxo de detritos
Wm - Grauvaca mista	Grauvaca com matriz ora siltosa, ora argilosa (localmente grafítica) e variadas proporções de componentes quartzosos e líticos e, subordinadamente, feldspáticos. Localmente clastos (grânulos a calhaus) esparsos de arenito branco ou cinza, e, subordinadamente, de chert e formação ferrífera	Localmente bandada	Fluxo de massa
Wa - Grauvaca arcoseana	Grauvaca com alta proporção de componentes feldspáticos e subordinadamente quartzosos e líticos, rosa e com muito caulin na matriz quando alterada. Localmente com grânulos esparsos de embasamento e arenitos ou somente de embasamento	-	Fluxo de massa
A - Arenito Tabular	Arenitos médios a muito finos, em camadas centimétricas a métricas, amalgamadas ou separadas por camadas milimétricas a métricas de pelito cinza e grauvaca.	Corpos tabulares com alta razão continuidade lateral x espessura; maciços ou, localmente, com graduação normal, laminação plano-paralela e/ou bandamento granulométrico e composicional e <i>climbing ripples</i> no topo da camada e/ou marcas de sola na base	Correntes de turbidez
R - ritmito	Ritmito consistindo de intercalações de lâminas de pelito, siltito e areia fina. Apresentam teor de grafite variável. Localmente com grânulos a blocos subarredondados a subangulosos esparsos de arenito branco, amarelo e cinza. Localmente, lâminas de arenito	Laminação plano-paralela, bandamento granulométrico e composicional	Correntes de turbidez de baixa densidade
S - Siltitos	Siltitos cinza, intercalados ou não com arenito tabular	Laminação plano-paralela, ligeiramente bandada	Deposição de suspensão
P - Pelitos	Pelitos silto-argilosos cinza. Localmente apresentam níveis arenosos	Laminação plano-paralela	Deposição de suspensão
Fn - Folhelho negro	Folhelhos carbonosos escuros	Laminação plano-paralela	Deposição de suspensão; condições anóxicas

fácies mais grossas do Grupo Sabará, tais como as fácies Conglomerado Maciço, Diamictito Grosso e Diamictito Fino teriam se depositado em leques de encosta proximais ou na parte interna dos canais de alimentação. Estas fácies correspondem a fases de grande aporte sedimentar para bacia, provavelmente em fases entre pulsos tectônicos, onde as taxas de suprimento sedimentar eram maiores que as taxas de geração de espaço de acomodação.

A fácie Grauvaca Arcoseana e, principalmente, a Fácie Grauvaca Mista estão presentes nos lobos e nos interlobos, ocorrendo em todas as partes do leque submarino e na planície de bacia (Fig. 12).

Os turbiditos da Fácie Arenito Tabular ocorrem nas porções mais distais dos lobos de supraleque, bem como nos leques inferiores, mostrando *trends* de proximalidade-distalidade (Fig. 12).

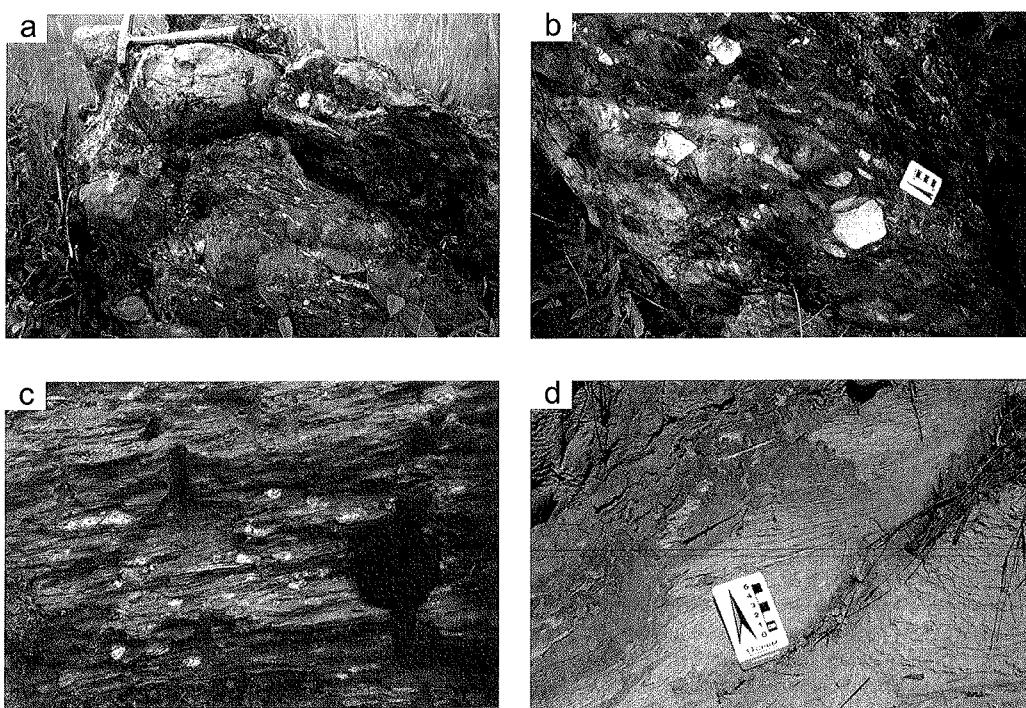


Figura 3 - Facies (a) conglomerado maciço (Lagoa das Codornas), (b) diamictito grosso (Lagoa das Codornas), (c) diamictito fino (Rodovia do Contorno de Ouro Preto), (d) Pelito (Rodovia do Contorno de Ouro Preto).

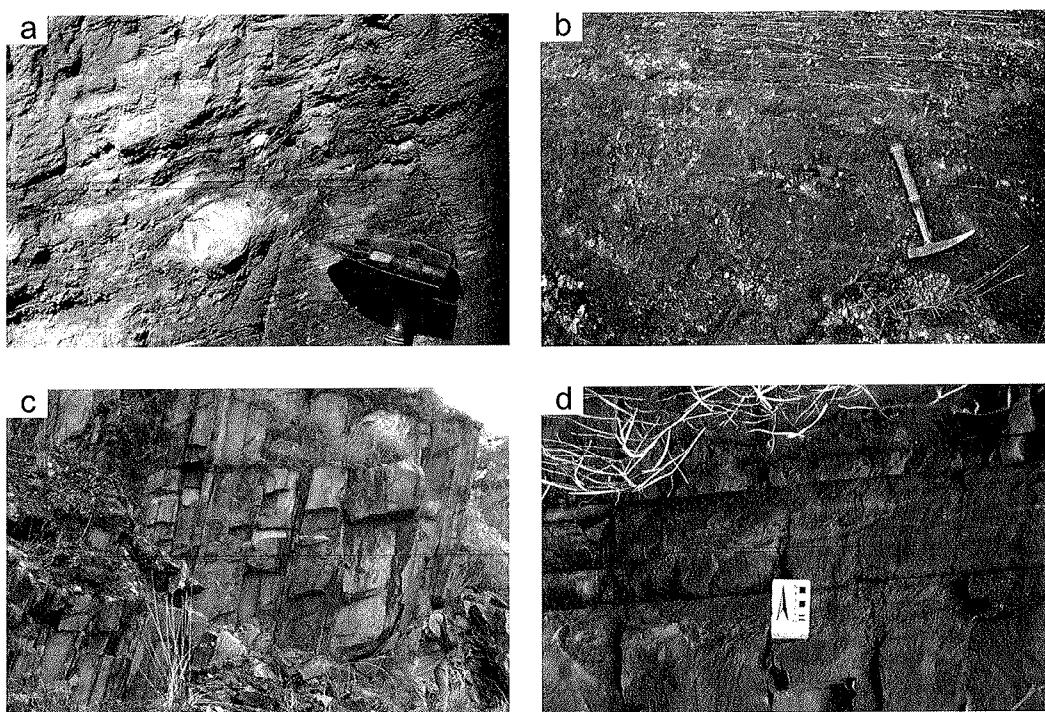


Figura 4 - Facies (a) grauvaca mista (Estrada Real), (b) grauvaca arcoseana (Rodovia do Contorno de Ouro Preto), (c) arenito tabular (Ibirité). Notar espessamento ascendente das camadas (“thickening upward”) da esquerda para a direita, (d) detalhe de arenito turbidítico de Ibirité exibindo elementos da Seqüência de Bouma.

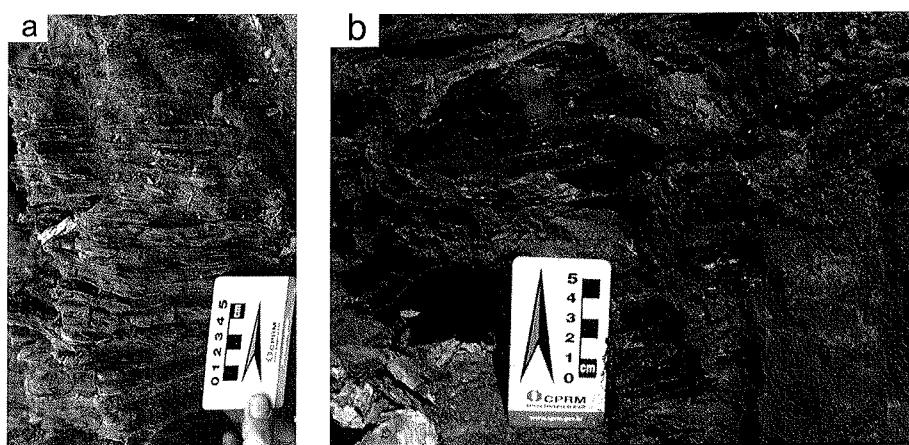


Figura 5 - Facies (a) ritmito (Rodrigo Silva) e (b) folhelho negro (Rodovia do Contorno de Ouro Preto).

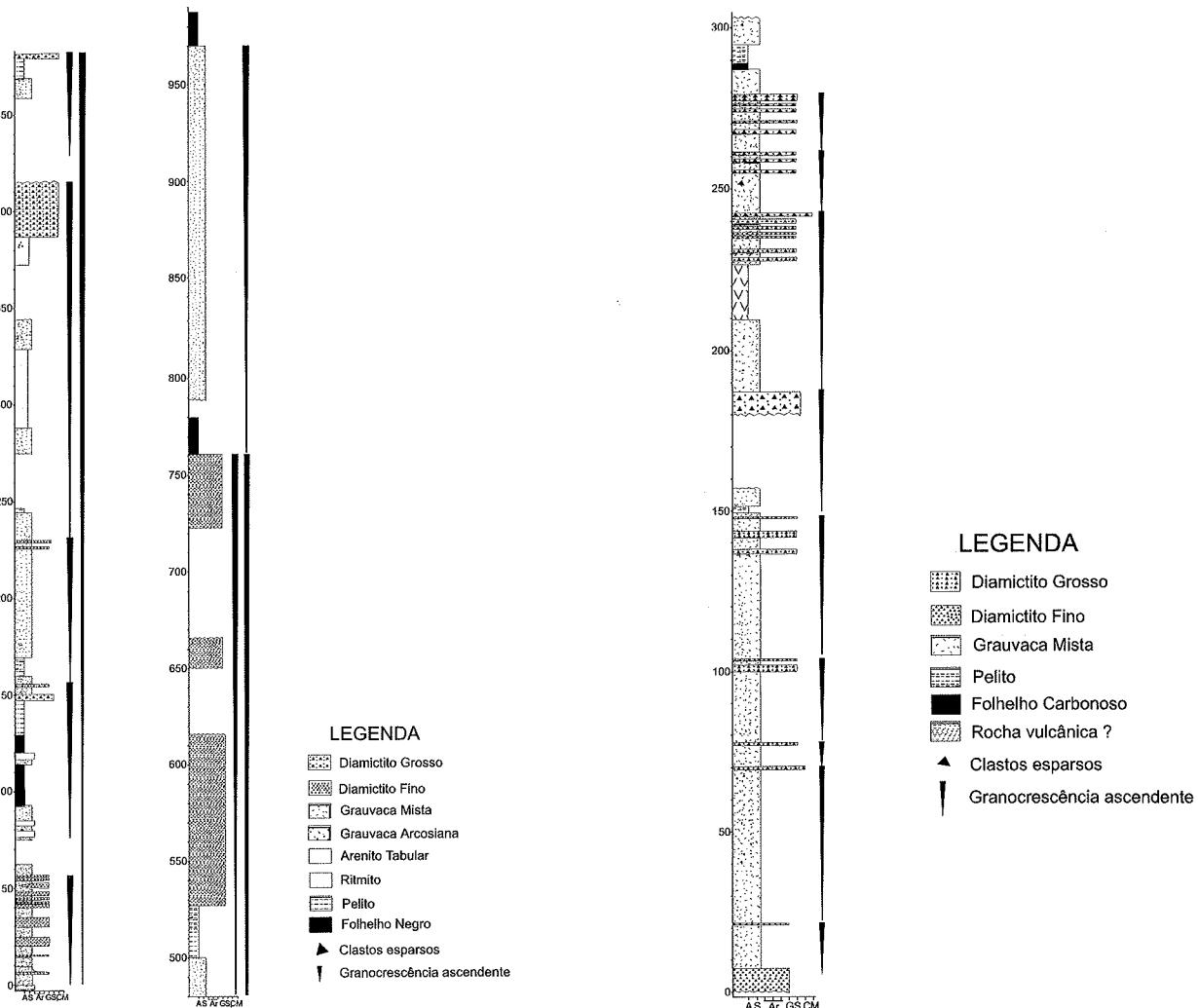


Figura 6 - Coluna sedimentológico-estratigráfica da Rodovia do Contorno/Ouro Preto (Setor I). A- argila, S- silte, Ar- areia fina, média e grossa, G- grânulo, Se- seixo, C- calhau e M- matação.

Figura 7 - Coluna sedimentológico-estratigráfica da Estrada Real/Ouro Preto (Setor I). A- argila, S- silte, Ar- areia fina, média e grossa, G- grânulo, Se- seixo, C- calhau e M- matação.

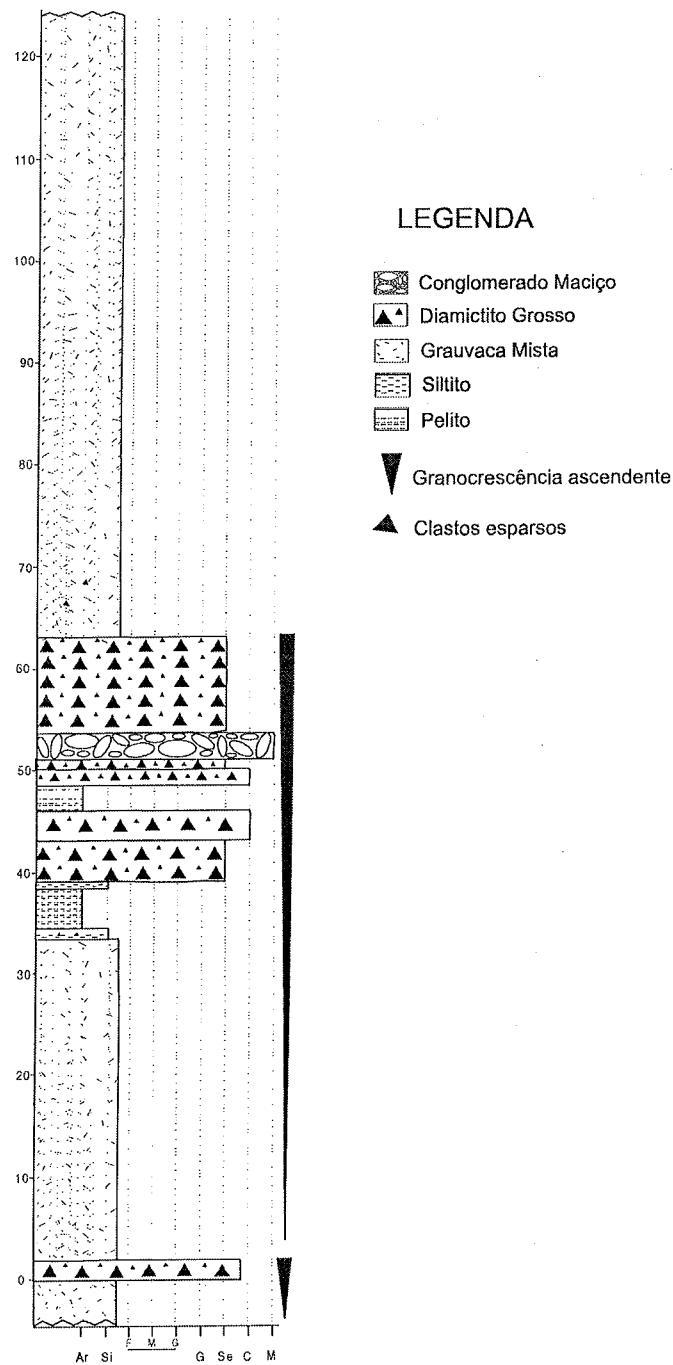


Figura 8 - Coluna sedimentológico-estratigráfica da Lagoa das Codornas (Setor II). Ar- argila, Si- silte, Areia F- fina, M- média e G- grossa, G- grânulo, Se- seixo, C- calhau e M- matação.

A Fácies Ritmito pode ser denominada como um turbidito clássico de ambiente distal, ocorrendo no leque inferior e planície de bacia. Ritmitos com clastos (grânulos a blocos) esparsos provavelmente depositaram-se nas bordas laterais dos leques submarinos, permitindo que material mais grosso oriundo das partes proximais da bacia, atingisse porções mais profundas.

As fácies Siltito, Pelito e Folhelho Negro ocorrem como depósitos de planície de bacia, intercalados com as demais

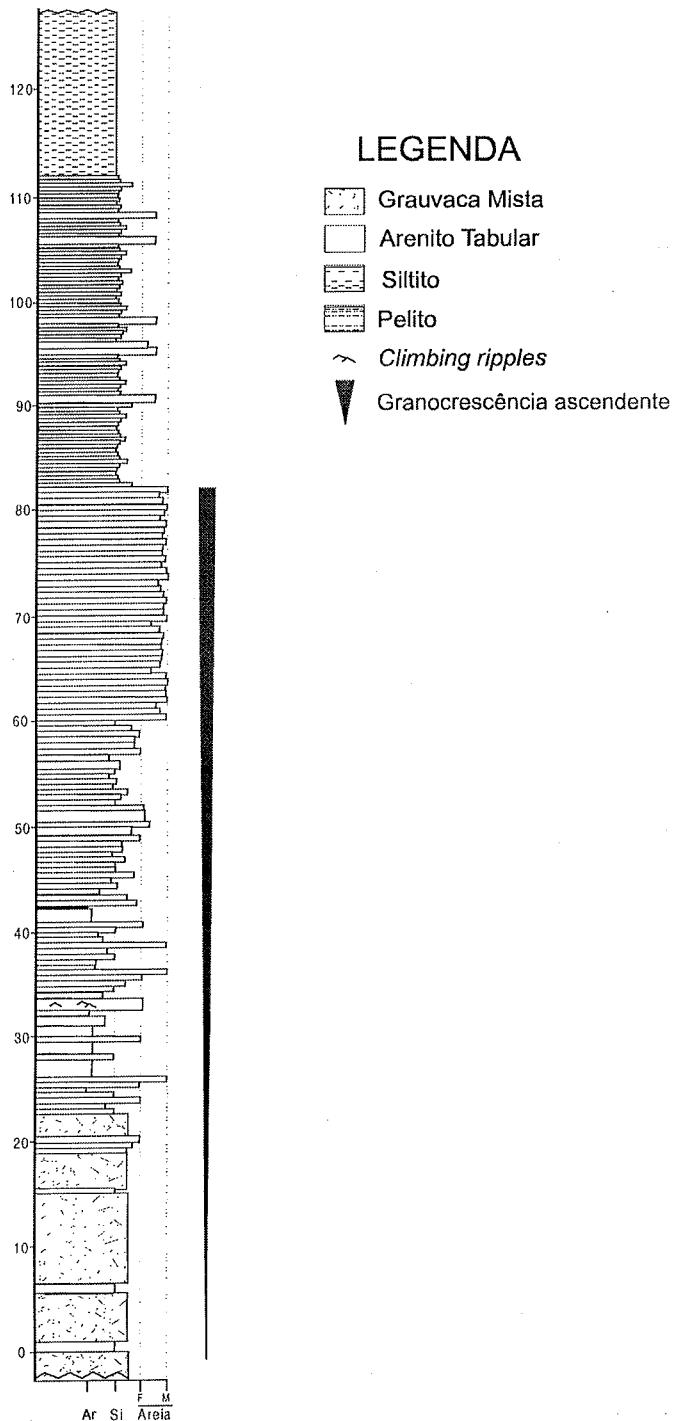


Figura 9 - Coluna sedimentológico-estratigráfica de Ibirité (Setor II). Ar- argila, Si- silte, Areia F- fina e M- média.

fácies (Fig. 12).

A BACIA SABARÁ A suíte conglomerado-diamictito-grauvacá-arenito-ritmito-pelito-folhelho, pertencente ao Grupo Sabará, marca claramente uma mudança significativa do ambiente deposicional e da fonte de sedimentos em relação ao Supergrupo Minas, que teria se depositado em plataforma estável (Alkmim & Marshak 1998). Conforme discutido a seguir

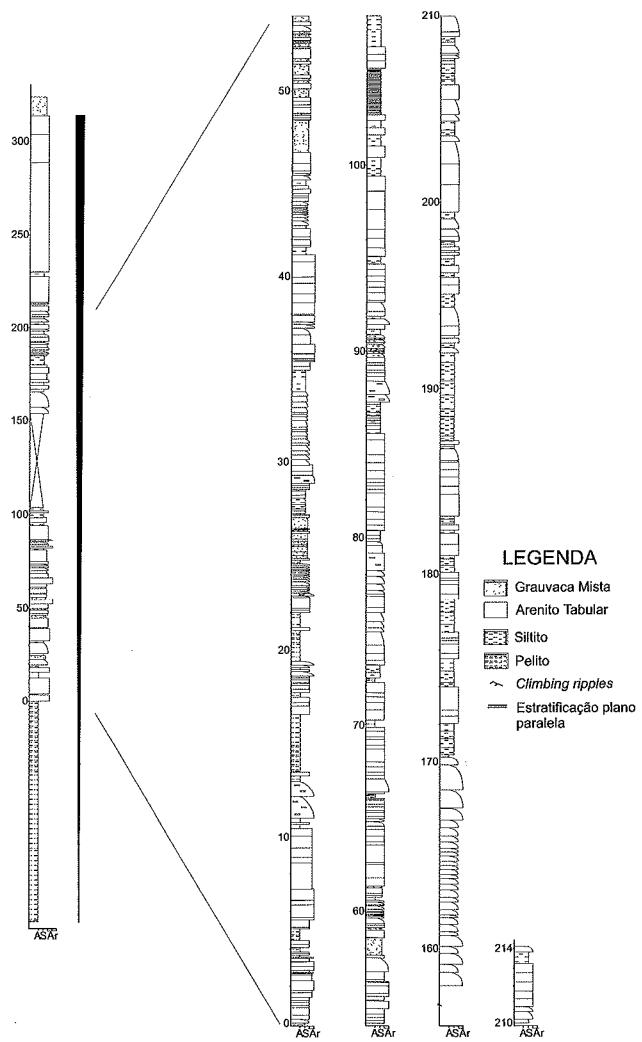


Figura 10 - Coluna sedimentológico-estratigráfica a leste de Ibirité (Setor II). A- argila, S- silte, Ar- areia fina e média.

e de acordo com sugestões da literatura (Renger *et al.* 1994, Machado *et al.* 1996, Alkmim & Marshak 1998), este grupo representa provavelmente os depósitos uma bacia do tipo antepaís relacionada com o Evento Transamazônico.

EVIDÊNCIAS DE DEPOSIÇÃO EM BACIA DE ANTEPAÍS Evidências geocronológicas A deposição do Grupo Sabará está associada ao Evento Transamazônico, no intervalo de 2125 e 2045 Ma (ver datações no item Contexto Regional acima), com duração de cerca de 80 m.a. (Machado e Noce 1993). O início da sedimentação Sabará marcaria a fase de inversão tectônica da bacia Minas e suas rochas o produto erosional do orógeno em construção.

Evidências petrogenéticas O trend de distribuição das fácies do Grupo Sabará ratifica os dados da literatura que sugerem uma fonte situada a E-SE (Dorr II 1969, Barbosa 1979, Renger *et al.* 1994, Alkmim e Marshak 1998). Nos vários setores estudados (ver Fig. 1), há evidências que corroboraram os

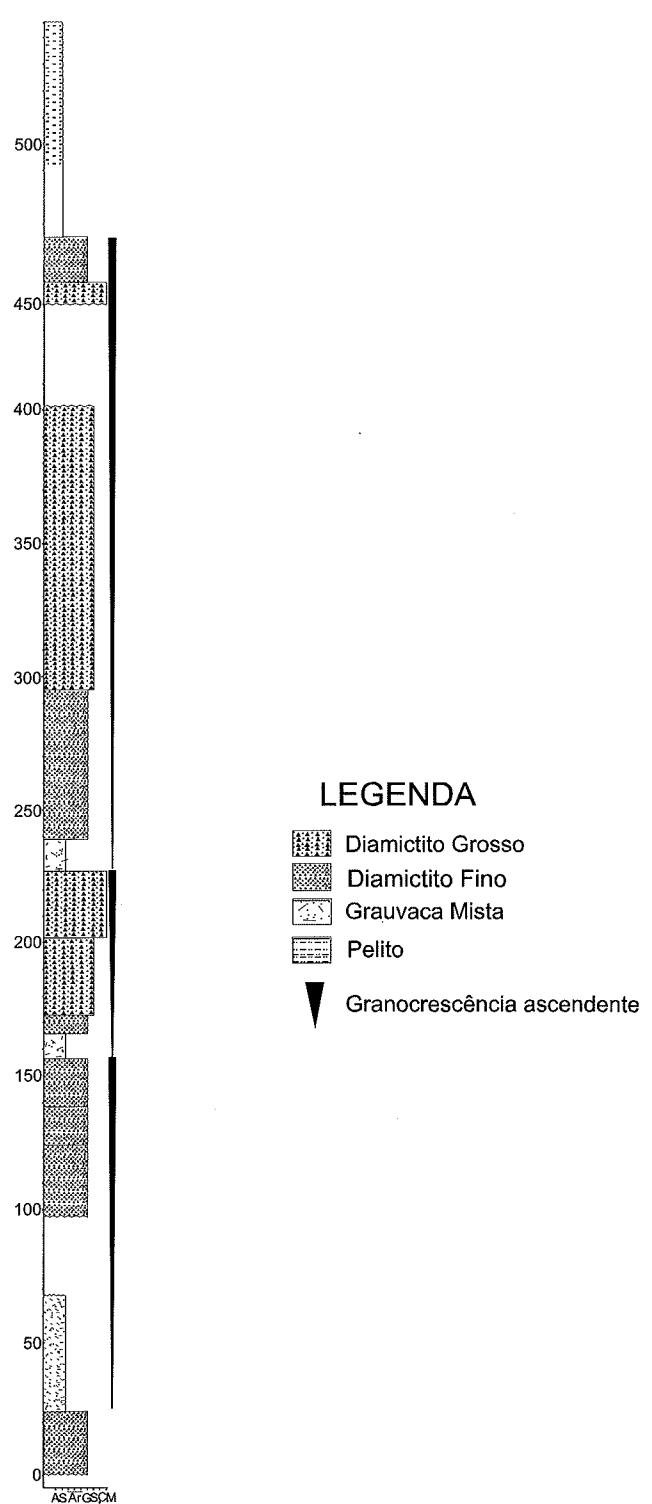


Figura 11 - Coluna sedimentológico-estratigráfica de Rodrigo Silva/Ouro Preto (Setor I). A- argila, S- silte, Ar- areia fina, média e grossa, G- grânulo, S_e- seixo, C- calhau e M- matação.

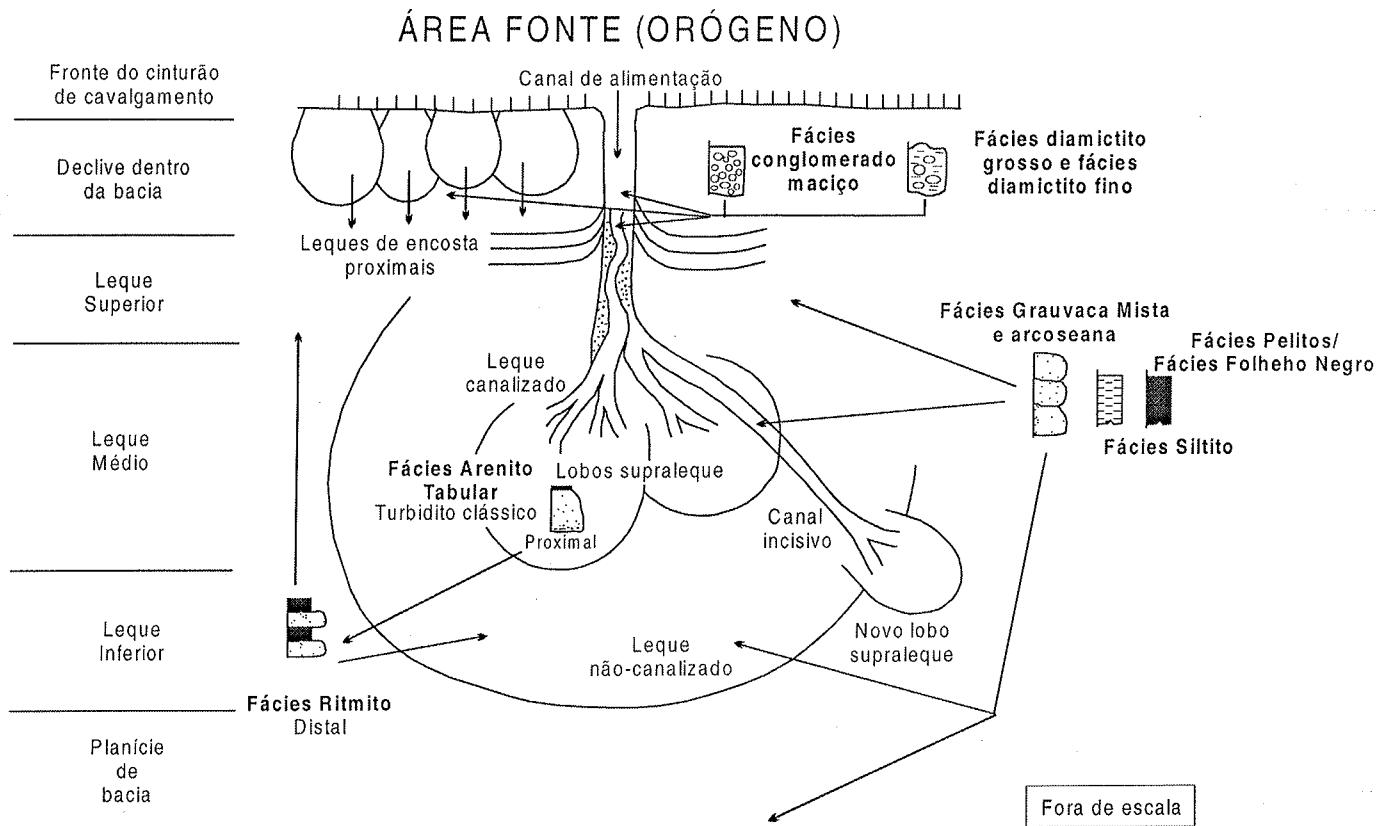


Figura 12 - Modelo deposicional proposto para o Grupo Sabará.

autores citados. A suite de clastos presentes nos diamictitos e conglomerados indica retrabalhamento de seqüências supracrustais e do embasamento (Supergrupo Minas, Supergrupo Rio das Velhas e o embasamento soerguido).

No Setor I, o Grupo Sabará consiste de diamictitos, grauvacas, arenitos (pouco desenvolvidos), ritmitos, pelitos e folhelhos negros. Os diamictitos grossos, constituídos predominantemente por clastos de arenito branco e cinza, apontam para uma provável proveniência do Supergrupo Minas superior (Grupo Piracicaba). Os diamictitos finos com clastos predominantemente de embasamento e arenitos, e subordinadamente de quartzo, pelitos, pelitos dolomíticos e formação ferrífera, bem como as grauvacas mistas, sugerem uma proveniência mista. As grauvacas arcoseanas ricas em componentes feldspáticos e clastos esparsos de rochas granitóides indicam proveniência do embasamento.

A suite de rochas pertencentes ao Setor II (conglomerados, diamictitos, grauvacas, arenitos e pelitos) sugere uma proveniência de rochas supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas inferior e intermediário (grupos Caraça e Itabira), evidenciada pela composição variada dos clastos (arenito branco, cinza e rosa, chert, dolomito, quartzo, pelitos e formações ferríferas). Neste setor, provavelmente não houve contribuição do embasamento, evidenciada também pela ausência de feldspatos nestas rochas.

No Setor III, a suite conglomerados-diamictitos-grauvacas-arenitos-pelitos aponta para uma proveniência semelhante ao Setor I, ou seja, rochas supracrustais do Supergrupo Minas superior (Grupo Piracicaba) e do embasamento.

Evidências geoquímicas Dados geoquímicos das rochas do Grupo Sabará (elementos maiores e terras raras) foram plotados em diagramas de proveniência. As análises de rocha total dos elementos maiores, traços e ETR das grauvacas e pelitos das regiões de Ouro Preto, Sabará e Igarapé foram obtidas de Guitarrari (1999).

Os diagramas de proveniência plotados para o Grupo Sabará apontam para uma mistura de áreas fontes. As figuras 13a e b mostram que as rochas do Grupo Sabará correspondem predominantemente ao campo de proveniência ígnea intermediária e sedimentar quartzosa, embora ocorram amostras em todos os campos, indicando compartimentação da área fonte.

Os dados foram também plotados em diagramas de proveniência por ambiente tectônico obtidos em Rollinson (1993). A Fig. 13c mostra que as rochas da região de Ibirité são derivadas predominantemente de uma margem continental ativa e arco magmático continental, enquanto na Fig. 13d, estas mesmas rochas correspondem predominantemente ao campo de margem continental ativa. Apesar de algumas amostras caírem no campo de margem passiva, a proveniência provável para as rochas do Grupo Sabará é de margem continental ativa/arco magmático continental. Os gráficos das figuras 13e e f mostram grande dispersão, sugerindo uma proveniência mista.

De maneira geral, os diagramas litoquímicos indicam uma proveniência de margem continental ativa/arco magmático continental, sugerindo, em conjunto com os dados macro e microscópicos, ter sido provavelmente um orógeno a área fonte do Grupo Sabará.

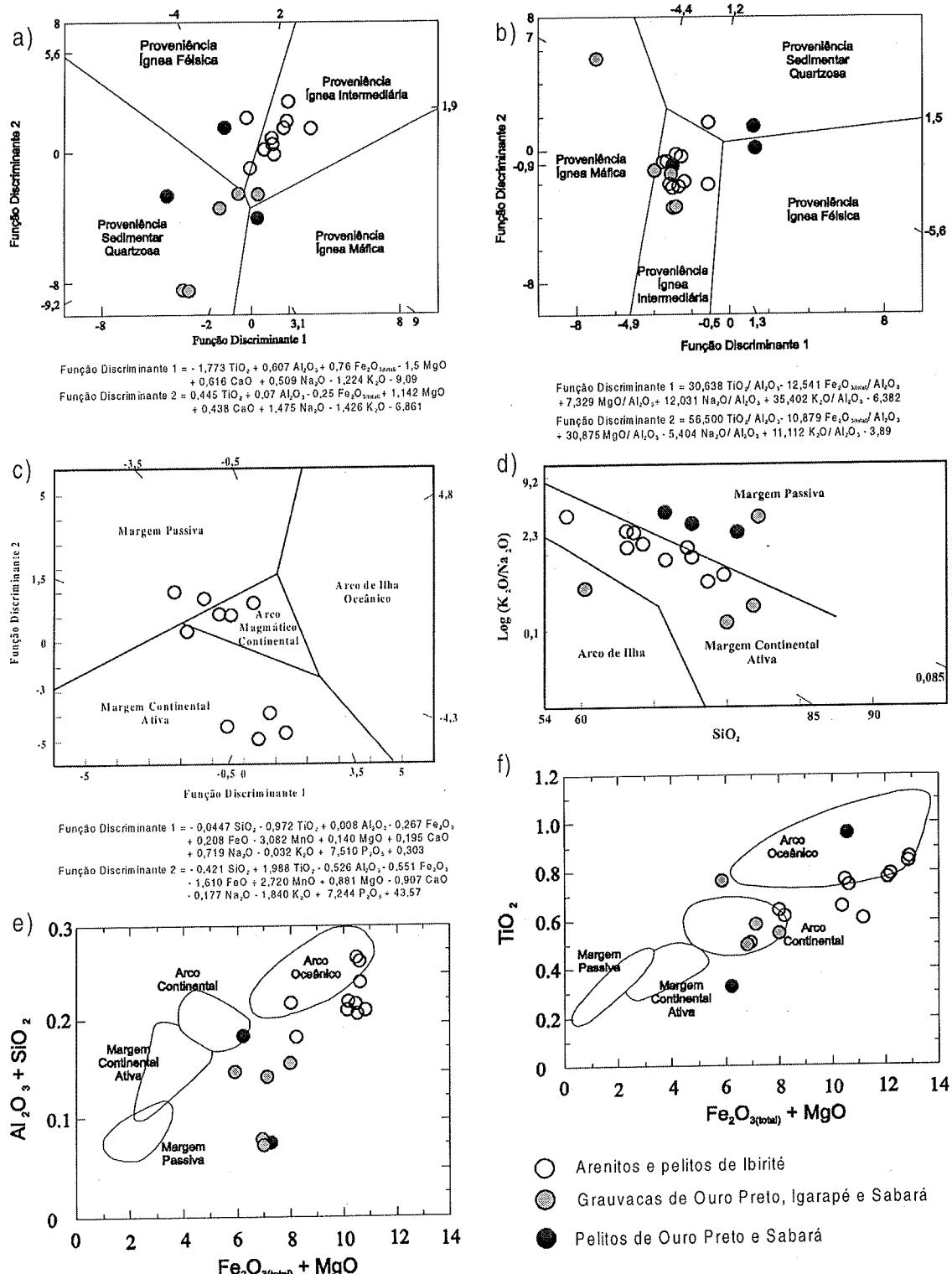


Figura 13 - (a) - Diagrama de função discriminante para proveniência das suites arenito-pelito usando elementos maiores. Campos para proveniência ígnea máfica, intermediária e felsica e sedimentar quartzosa. (b) - Diagrama de função discriminante para proveniência das suites arenito-pelito usando razões de elementos maiores. Campos para proveniência ígnea máfica, intermediária e felsica, e sedimentar quartzosa. (c) - Diagrama de função discriminante para arenito mostrando campos de arenito intermediária e felsica e sedimentar quartzosa. (d) - Diagrama discriminante $\log(K_2O/Na_2O)$ vs SiO_2 para suites arenito-pelito, mostrando campos para margem continental passiva, margem continental ativa e arco de ilha. (e) - Diagrama discriminante para arenitos, baseado em gráfico bivariante, para TiO_2 vs $(Fe_2O_{3(total)} + MgO)$ e (f) - gráfico bivariante para Al_2O_3/SiO_2 vs $(Fe_2O_{3(total)} + MgO)$. Os campos são arco de ilha oceânico, arco continental, margem continental ativa e margem continental passiva (modificado de Rollinson 1993).

As rochas do Grupo Sabará, segundo Guitarrari (1999), possuem fracionamento similares e fortes de ETRL (elementos terras raras de número atômico baixo), mostrado pela razão $\text{La}_{\text{N}}/\text{Yb}_{\text{N}} = 5,96 - 11,52$. As metagrauvacas basais mostram um fracionamento em ETRP (elementos terras raras de número atômico alto) de $\text{Tb}_{\text{N}}/\text{Yb}_{\text{N}} = 1,72$, enquanto os pelitos intermediários mostram um padrão enriquecido de $\text{Tb}_{\text{N}}/\text{Yb}_{\text{N}} = 0,84$, indicando concentração de minerais pesados como zircão e monazita. O gráfico de ETR Condrito-Normalizado (Fig. 14) mostra uma anomalia de Eu negativa e um enriquecimento em elementos leves para os pelitos, correspondendo, segundo Taylor e McLennan (1985), a ambiente de margem passiva, enquanto as grauvacas não apresentam anomalia de Eu e são correspondentes à ambiente de margem continental ativa/arco magnético continental. As grauvacas/pelitos basais, segundo Guitarrari (1999), não apresentam anomalia de Eu ($\text{Eu}_{\text{N}}/\text{Eu}^* = 1,0$), enquanto as intermediárias apresentam anomalia negativa de Eu ($\text{Eu}_{\text{N}}/\text{Eu}^* = 0,45$), característica de rochas sedimentares pós-arqueanas (Taylor e McLennan 1985). A presença ou ausência de anomalia pode indicar características diferentes herdadas de porções distintas da área fonte. Entretanto, a evolução de grauvacas/pelitos basais sem anomalia de Eu (proveniência de arco magnético continental) para grauvacas intermediárias com anomalia negativa (proveniência de margem passiva) pode ser interpretada como uma evolução de bacia de antepaís retroarco para colisional.

Nas figuras 15a e b observa-se que as rochas no Grupo Sabará estão plotadas no campo B (arco magnético continental). Todos estes diagramas são compatíveis com depósitos de uma bacia de antepaís, pois mostram área fonte de natureza mista e complexa, típica de um orógeno.

Evidências sedimentológico-estratigráficas As características, distribuição e arranjo das fácies (Figs. 6, 7, 8, 9, 10, 11) e a presença de fluxos de detritos, fluxos de massa e correntes de turbidez no Grupo Sabará são indicativos de ambiente de leques submarinos (Fig. 16). O arranjo estratigráfico em sucessivos ciclos em CU mostra que a bacia foi controlada por processos extrabacinais (geração de espaço e suprimento

sedimentar). A ocorrência de depósitos pelíticos sob depósitos grosseiros em uma sucessão sedimentar em CU é um excelente indicador de atividade tectônica episódica (Blair e Bilodeau 1988), ou seja, geração “instantânea” de espaço e relevo diferencial área fonte/bacia por evento de cavagemento no orógeno e resposta flexural na bacia, seguido por progressivo preenchimento do espaço de acomodação durante períodos de quiescência tectônica.

O arcabouço estratigráfico do Grupo Sabará encontra-se organizado em sucessões em CU. Os dados em algumas colunas (p.ex., Figs. 6 e 10) mostram sucessões maiores na escala de centenas de metros, englobando sucessões hierarquicamente

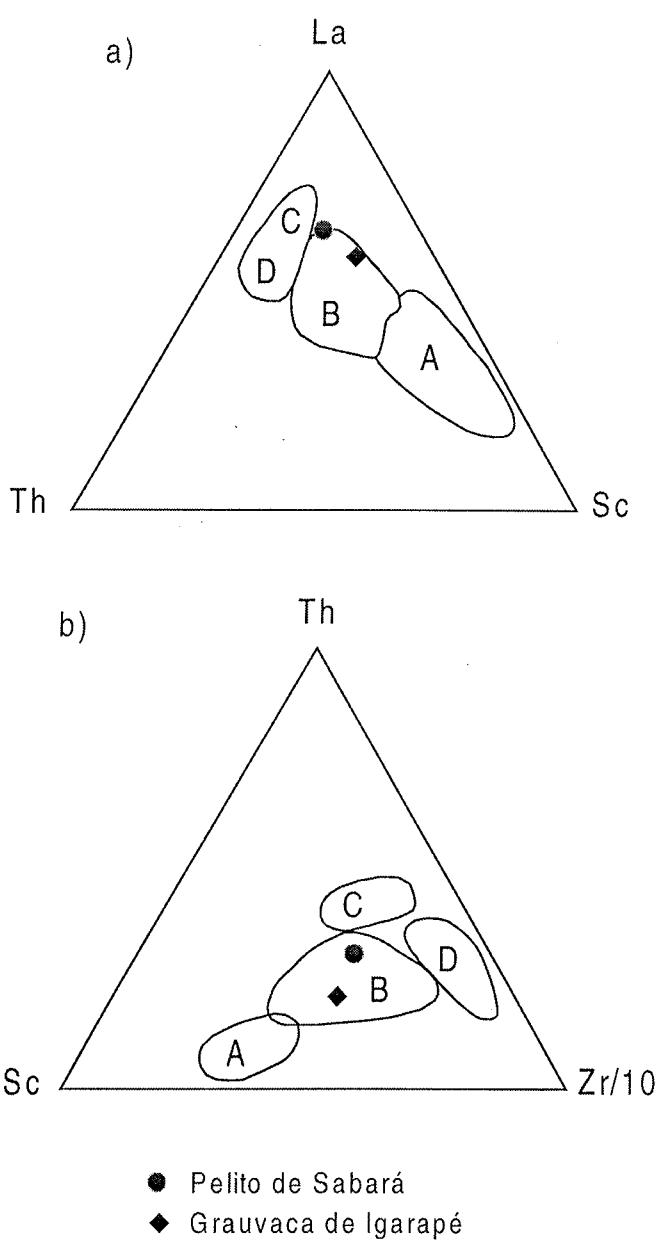


Figura 15 - (a) - Diagrama discriminante La-Th-Sc para grauvacas; (b) - Diagrama discriminante Th-Sc-Zr/10 para grauvacas. Os campos são: A, arco de ilha oceânica; B arco magnético continental; C, margem continental ativa; D, margem passiva (modificado de Rollinson 1993).

Figura 14 - Padrão ETR para as rochas do Grupo Sabará.

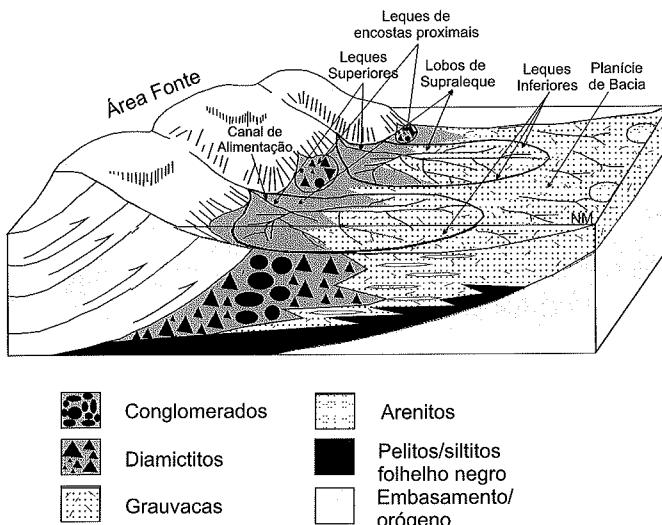


Figura 16 - Figura esquemática do ambiente deposicional do Grupo Sabará.

inferiores de espessura métrica a decamétrica. Este arranjo indica que o padrão da sedimentação do Grupo Sabará foi marcado por altas taxas iniciais de geração de espaço de acomodação, em relação à taxa de suprimento sedimentar para a bacia, evidenciado pela deposição de fácies pelíticas. A presença de turbiditos de baixa densidade e/ou grauvacas mostra o início da progradação clástica, cuja evolução de condições distais para proximais foi marcada pela presença de turbiditos e/ou grauvacas mais densos. A deposição de conglomerados e diamictitos subsequentes mostram que as taxas de suprimento sedimentar superaram a geração de espaço de acomodação. A superposição de fácies grossas sobre fácies distais evidencia a progradação dos lobos deposicionais com a migração progressiva do cinturão de cavalgamento/dobramento (Jordan 1995). As sucessões em CU em diferentes hierarquias significam a superposição de pulsos de subsidência episódica de diferentes magnitudes.

TIPO DE BACIA DE ANTEPAÍS A localização geográfica dos depósitos do Grupo Sabará em relação ao embasamento e supracrustais do Quadrilátero Ferrífero, os tipos de rochas e a variação composicional dos clastos e fragmentos líticos presentes nas rochas dos diferentes setores do Grupo Sabará apontam para diferentes áreas fontes, sugerindo uma bacia de antepaís compartimentada (Fig. 17). Com base nisto, a Bacia de Antepaís Sabará foi dividida em três sub-bacias: Sub-bacia Antônio Pereira-Ouro Preto-Mariana-Rodrigo Silva (SB1), Sub-bacia Lagoa das Codornas (SB2) e Sub-bacia Sabará-Belo Horizonte-Ibirité-Fernão Dias (SB3) (Fig. 17).

A Sub-bacia Antônio Pereira-Ouro Preto-Mariana-Rodrigo Silva é constituída pelas litofácies diamictito grosso, diamictito fino, grauvaca mista, grauvaca arcoseana, ritmitos, pelitos e folhelho negro. Nesta sub-bacia, predominam os processos de fluxos de massa, indicando proximalidade em relação aos frontes de cavalgamento e da área fonte. Trata-se provavelmente de um compartimento intermontano do *foreland* Sabará, do tipo *piggy-back basin*.

A Sub-bacia Lagoa das Codornas, também intermontana, é constituída pelas litofácies conglomerado, diamictito grosso,

arenito, siltito e pelito. Os conglomerados e diamictitos da Sub-bacia Lagoa das Codornas, apesar desta sub-bacia encontrar-se próxima ao Complexo do Baçao (Fig. 17), não apresentam clastos de embasamento. Isto sugere um fornecimento proximal em relação à bacia, com as rochas supracrustais dos supergrupos Rio das Velhas e Minas.

A Sub-bacia Sabará-Ibirité-Fernão Dias, periférica ao orógeno, é constituída pelas litofácies conglomerado, diamictito grosso, diamictito fino, grauvaca, arenito, siltito e pelito. Nesta sub-bacia os turbiditos são mais desenvolvidos, indicando a preservação de um ambiente mais profundo e/ou distal (Fig. 17). As fácies mais grossas ocorrem de forma esparsa, indicando que as fácies progradacionais finais não foram preservadas do soerguimento final por compensação isostática (Jordan 1995) e posterior erosão.

CONTEXTO GEOTECTÔNICO DO FORELAND SABARÁ

A porção sul do Cráton do São Francisco é formada por uma plataforma estabilizada a 2,6 Ga (Noce et al. 1998), constituída por gnaisses migmatizados, *greenstone belts*, plútôns de granitóides e intrusões máficas e máficas-ultramáficas. Durante a Orogenia Transamazônica (2,16 – 2,0 Ga), um cinturão colisional em forma de arco, denominado de Cinturão Mineiro (Teixeira et al. 2000), desenvolveu-se nas margens desta plataforma arqueana, formando plútôns de granitóides, diques máficos e depósitos do tipo *flysh*.

Segundo Alkmim e Marshak (1998), o cinturão de cavalgamento/dobramentos (Cinturão Mineiro) foi criado em resposta a uma contração com vergência para NW, relacionada com a acresção de um arco de ilha e/ou terrenos exóticos nas margens leste e sudeste do Cráton do São Francisco. Neste evento, pode ter ocorrido o consumo de crosta oceânica e geração de tonalitos de origem mantélica e trondhjemitos (2,162 – 2,124 Ga), seguido por intrusões de granitos crustais sin a pós-colisionais (Teixeira et al. 2000). A evolução da bacia Sabará ocorreu durante esta época, com proveniência da erosão dos depósitos arqueanos e paleoproterozóicos do Cinturão Mineiro.

Conclusões O Grupo Sabará ocorre no Sinclinal Dom Bosco (Setor I, Fig. 1), Sinclinal Moeda (Setor II) e na Serra do Curral (Setor III), além de outras ocorrências sem afloramentos adequados para os propósitos deste trabalho (sinclinais Gandarela e Santa Rita). Levantamentos sedimentológico-estratigráficos permitiram a identificação das seguintes fácies: conglomerado maciço (fluxo de detritos), diamictito grosso (fluxo de detritos), diamictito fino (fluxo de detritos), grauvaca mista (fluxo de massa), grauvaca arcoseana (fluxo de massa), arenito tabular (correntes de turbidez), ritmito (correntes de turbidez), siltito (correntes de turbidez), pelito (deposição da suspensão) e folhelho negro (deposição da suspensão). Estas fácies ocorrem, de maneira geral, organizadas em sucessões em CU, representando geração episódica de espaço e relevo diferencial área fonte/bacia por evento de cavalgamento no orógeno e resposta flexural na bacia, seguido por progressivo preenchimento do espaço de acomodação durante períodos de quiescência tectônica.

O modelo deposicional proposto para o Grupo Sabará é de leque submarino com planície de bacia e leques de encosta proximais. Este modelo é constituído por canal(is) de alimentação, declive da bacia, leque superior, leque médio, leque inferior e planície de bacia. As fácies Conglomerado Maciço,

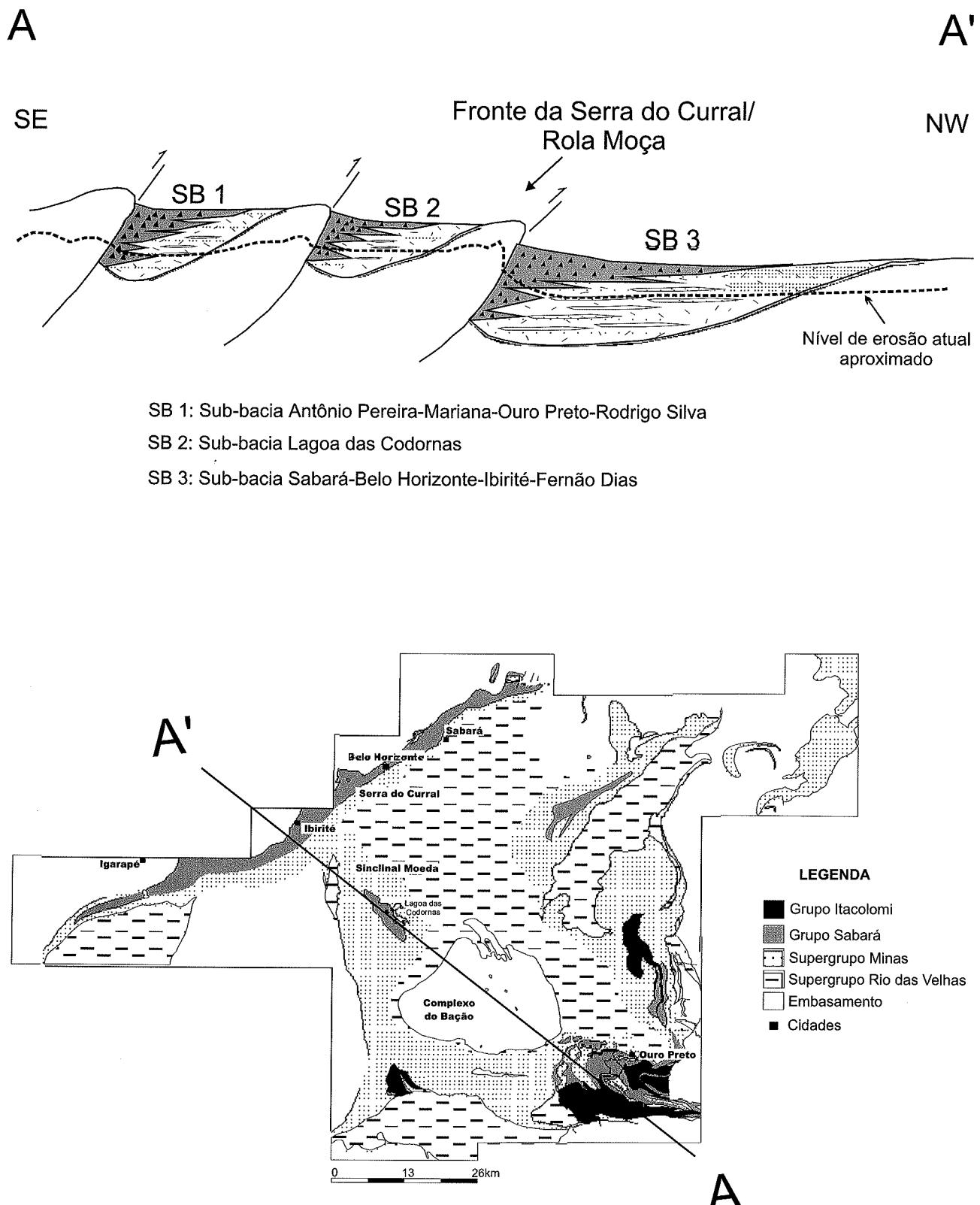


Figura 17 - Seção esquemática da bacia de antepaís compartimentada Sabará (modificada de Allen e Allen 1990) e sua localização esquemática no Quadrilátero Ferrífero (Mapa Geológico modificado de Dorr II 1963).

Diamictito Grosso e Diamictito Fino ocorrem nos leques de encosta proximais e na parte interna dos canais de alimentação. As fácies Grauvaca Arcoseana e Grauvaca Mista estão presentes nos lobos e nos interlobos, ocorrendo em todas as partes do leque submarino e na planície de bacia. Os turbiditos ocorrem nas porções mais distais dos lobos de supraleque e nos leques inferiores. A Fácie Ritmito (turbidito de ambiente distal) ocorre no leque inferior, na planície de bacia e nas bordas laterais dos leques submarinos. As fácies Siltito, Pelito e Folhelho Negro ocorrem como depósitos de planície de bacia, intercalados com as demais fácies.

O Grupo Sabará representa os depósitos uma bacia do tipo antepaís relacionada ao Evento Transamazônico. Os clastos presentes nos diamictitos e conglomerados indicam o retrabalhamento de seqüências supracrustais e do embasamento (Supergrupo Minas, Supergrupo Rio das Velhas e o embasamento soerguido). Os diagramas de proveniência plotados para o Grupo Sabará apontam para uma mistura de áreas fonte, predominando a proveniência ígnea intermediária e sedimentar quartzosa, embora proveniências ígnea felsica e ígnea máfica também ocorram, indicando compartimentação da área fonte. Os diagramas de proveniência por ambiente tectônico indicam uma proveniência de margem continental ativa/arco magmático continental. Estes dados em conjunto com os dados macro e microscópicos sugerem uma área fonte orogênica para o Grupo Sabará. O gráfico de ETR mostra uma anomalia de Eu negativa e um enriquecimento em elementos leves para os pelitos correspondendo a ambiente de margem passiva (Taylor e McLennan 1985), enquanto as grauvacas não apresentam anomalia de Eu e são correspondentes à ambiente de margem continental ativa/arco magmático continental. A evolução de grauvacas/pelitos basais sem anomalia de Eu (proveniência de arco magmático continental) para grauvacas intermediárias com anomalia negativa (proveniência de margem passiva) presentes nestas rochas pode representar uma evolu-

ção de bacia de antepaís retroarco para colisional.

O Grupo Sabará representa provavelmente uma bacia de antepaís compartimentada, formada durante a deformação, soerguimento e erosão dos depósitos arqueanos e paleoproterozóicos do Cinturão Mineiro, de idade transamazônica. Uma bacia do tipo compartimentada foi sugerida devido à localização geográfica dos depósitos do Grupo Sabará em relação ao embasamento e supracrustais do Quadrilátero Ferrífero, bem como aos tipos de rochas e à variação composicional dos clastos e fragmentos líticos presentes nos diferentes setores estudados. A compartimentação da bacia, atestada principalmente nos ruditos que indicam proveniência local, aparentemente se conflita com a proveniência homogênea e mais distal sugerida pelos dados geoquímicos oriundos dos pelitos e grauvacas. Entretanto, o posicionamento estratigráfico superior dos ruditos indica que a compartimentação da bacia se deu nos seus estágios mais tardios de sua evolução, provavelmente no estágio colisional, quando os compartimentos intermontanos teriam sido individualizados.

Agradecimentos Este trabalho é uma síntese da dissertação de mestrado de LAR, desenvolvida no DEGEO/EM/UFOP sob a orientação de MAMN, co-orientação de NSG e IE e colaboração de HJE. Os autores são gratos a Fernando Alkmim do DEGEO/EM/UFOP pela indicação de vários afloramentos e a A.C. Pedrosa-Soares do IGC/UFMG pela ajuda na litoquímica. À Capes pela concessão de bolsa de mestrado a LAR. Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa a MAMN. Este trabalho foi quase inteiramente desenvolvido com recursos financeiros próprios de LAR e MAMN, exceto alguns dias de campo na região de Ouro Preto/Rodrigo Silva realizados em conjunto com alunos da disciplina Trabalho Geológico do DEGEO/EM/UFOP, ao qual prestamos nossos agradecimentos. Aos revisores da RBG pelas valiosas sugestões.

Referências

- Allen P.A. & Allen J.R.L. 1990. Basin Analysis. Oxford, Blackwell, 426p.
- Alkmim F.F. 1987. Modelo deposicional para a sequência de metassedimentos da Serra de Ouro Branco, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Bol. da Soc. Bras. Geol., Núcleo Minas Gerais, 6:47-68.
- Alkmim F.F. & Marshak S. 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Res.*, 90:29-58.
- Babinki M., Chemale F.Jr., Van Schmus W.R. 1991. Geognosologia Pb/Pb em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: Anais III Cong. Bras. Geoquímica, São Paulo, Soc. Bras. de Geoquímica, *Resumos*, 2:682-631.
- Barbosa A.L.M. 1968. Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero. In: SBG-MG reimpressão (1983), UFOP/ Depto de Geologia, 44p.
- Barbosa A.L.M. 1979. Variações de fácies na Série Minas. Bol. da Soc. Bras. Geol., Núcleo Minas Gerais, 1:89-100.
- Blair T.C. & Bilodeau W.L. 1988. Development of tectonic cycloths in rift pull-apart and foreland basins: sedimentary response to episodic tectonism. *Geology*, 16:517-520.
- Carneiro M.A., Teixeira W., Carvalho Júnior I.M., Fernandes
- R.A. 1998. Ensilic tectonic setting of the Archean Rio das Velhas Greenstone Belt: Nd and Pb isotopic evidence from the Bonfim Metamorphic Complex, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 28:189-200.
- Chemale F.Jr., Rosière C.A., Endo I. 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Res.*, 65:25-24.
- Da Silva H.T.F. 1993. Flooding surfaces, depositional elements and accumulations rates – characteristics of the Lower Cretaceous in the Recôncavo Basin northeast Brazil. Univ. of Texas, Tese de Doutorado, 312 p (inédito).
- Dorr J.V.N. II 1963. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, 1:150.000, DNPM/USGS.
- Dorr J.V.N. II 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 641-A U.S.G.S., 110 p.
- Gair J.E. 1958. The Sabará Formation. In: Symposium on Stratigraphy of Minas Series in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo 7:68-69.
- Guitarrari M.M. 1999. Petrografia e geoquímica dos metassedimentos turbidíticos dos grupos Nova Lima e Sabará no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. UNICAMP Campinas/São Paulo, Dissertação de

- Mestrado 101 p (inédito).
- Herz N. 1970. Gnaissic and Igneous Rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 641-B, 58 p.
- Jordan T.E. 1995. Retroarc foreland and related basins. In: C. J. Busby & R. V. Ingersoll (eds.) *Tectonics of Sedimentary Basins*. Blackwell Science, 331-362.
- Machado N., Noce C.M., Oliveira O.A.B., Ladeira E.A. 1989. Evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero no Arqueano e Proterozoico Inferior com base em Georronologia U-Pb. In: Anais do V Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte. *Bol. da Soc. Bras. Geol.*, Núcleo Minas Gerais, **10**:1-4.
- Machado N., Noce C.M., Ladeira E.A., Belo De Oliveira O. 1992. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **104**:1221-1227.
- Machado N. & Noce C.M. 1993. A evolução do Setor Sul do Cráton São Francisco entre 3,12 e 0,5 Ga, baseada em Georronologia U-Pb. In: Simp. Cráton São Francisco 2, Salvador, *Anais*, SBG-BA SE/SBG, p 100-102.
- Machado N., Schrank A., Noce C.M., Gauthier G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeastern Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **141**:259-276.
- Marshak S. & Alkmim F.F. 1989. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, **8**:555-571.
- Mutti E. & Ricci Lucchi F. 1972. Turbidite of the northern Apennines: introduction to facies analysis. *Intern. Geol. Rev.*, **20**:125-166.
- Normark W.R. 1978. Fan valleys, channels and depositional lobes on modern submarine fans: characters for recognition of sandy turbidite environments. *AAPG Bull.* **62**:912-931.
- Noce C.M. 1995. *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero*. Instituto de Geociências Universidade de São Paulo, Brasil, Tese de Doutorado, 127 p (inédito).
- Noce C.M., Machado N., Teixeira W. 1998. U-Pb Geochronology of Gnaisses and Granitoids in Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco Craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *Rev. Bras. Geoc.*, **28**:95-102.
- Renger F.E., Noce C.M., Romano A.W., Machado N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, **2**:1-11.
- Rodrigues L.C., Chemale F.Jr., Jost H. 1993. O posicionamento estratigráfico dos quartzitos da Serra do Caraça. Anais do VII Simp. Geol. de Minas Gerais, *Bol. da Soc. Bras. Geol.*, Núcleo Minas Gerais, **12**:34-38.
- Rollinson H.R. 1993. *Using geochemical data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. 1st ed. New York, Longman Scientific & Technical, 352p.
- Taylor S.R. & McLennan S.M. 1985. *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell Sci. Publ., 312p.
- Teixeira W., Sabate P., Barbosa J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic Tectonic Evolution of the São Francisco Craton, Brazil. In: U.G Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos (eds.), *Tectonic Evolution of South America*, 31st IGC, Rio de Janeiro, p. 101-137.
- Walker R.G. 1978. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, **62**:932-966.
- Walker R.G. 1984. Turbidites and associated coarse clastic deposits. In: R.G. Walker (ed.) *Fácies Models*, 2nd ed., Geoscien. Can., Reprint. Ser., pp.171-188.
- Walker R.G. 1992. Turbidites and submarine fans. In: R.G. Walker & N.P. James (eds.), *Fácies Models: Response to Sea-level Change*. Geological Association of Canada, 409 p.

Manuscrito A-1200

Recebido em 10 de janeiro de 2001

Revisão dos autores em 01 de março de 2002

Revisão aceita em 05 de março de 2002