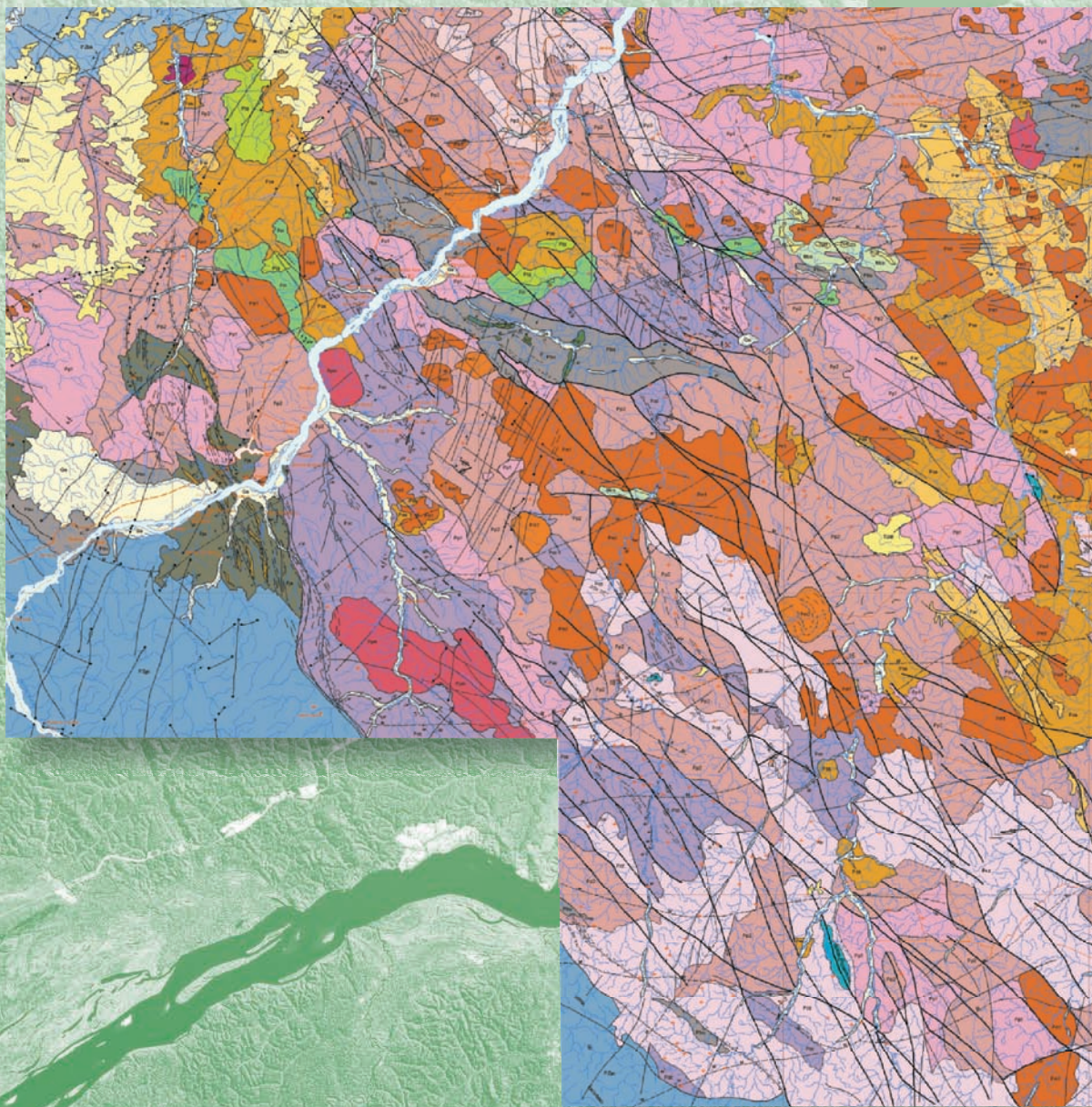


## Capítulo **II**



Representação do Mapa Geológica da Província Mineral do Tapajós, escala 1:500.000  
(Modificado de Klein, *et al*, 2000)







## Capítulo **III** GEOLOGIA DO CRATON AMAZÔNICO

Maria Glícia da Nóbrega Coutinho  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### 2.1 Introdução

O conhecimento da geologia regional do Craton Amazônico é pré-requisito para qualquer tentativa de discussão de um modelo para as mineralizações de ouro na Província Mineral do Tapajós, a qual constitui parte de uma das suas unidades geotectônicas (Figura 2.1).

Inserido na Plataforma Sul-Americana (Almeida & Hasui, 1984), o Craton Amazônico representa uma das mais expressivas áreas no mundo de idade do Arqueano/Proterozóico. Há cerca de dois séculos a região vem produzindo ouro. No território brasileiro, referências a trabalhos de extração de ouro são conhecidas desde o século XVIII, na região do Aurizona, em terrenos do Cinturão Metamórfico do Gurupi, estados do Maranhão e Pará. Em territórios limítrofes, Venezuela e Guiana, minas de ouro são operadas desde o começo do século passado. Apesar da potencialidade aurífera favorável e produção significativa em ouro, a região do Craton Amazônico permanece com um dos mais baixos níveis de conhecimento geológico em áreas arqueanas, especialmente na parte abrangida pelo território brasileiro. Entretanto, depósitos de ouro ainda estão sendo descobertos, a despeito da: (i) ausência quase total de acesso terrestre; (ii) presença de vasta cobertura vegetal; (iii) inexistência de mapeamentos geológicos em escala adequada; (iv) ausência de levantamentos aerogeofísicos com espaçamento entre perfies inferior a 1 km; e (v) falta de um suporte geocronológico que permita o entendimento da evolução tectono-geológica da região.

Exemplos de depósitos econômicos de ouro localizados no Craton Amazônico constam na Tabela 2.1, cuja distribuição pode ser visualizada na Figura 2.1.

### 2.2 Contexto regional da geologia da Plataforma Sul-Americana

A Plataforma Sul-Americana (Almeida & Hasui, 1984) é formada por plataformas pré-cambrianas e bacias sedimentares, cuja maior extensão dos seus terrenos está inserida no território brasileiro. No Brasil, as plataformas pré-cambrianas, (Plataforma das Guianas, Plataforma Brasil Central e Plataforma Atlântica), separadas pelas bacias fanerozóicas, abrangem uma superfície equivalente a 6.000.000km<sup>2</sup> (Almeida *et al.*, 1976; 1977; 1981). As duas primeiras plataformas, juntamente



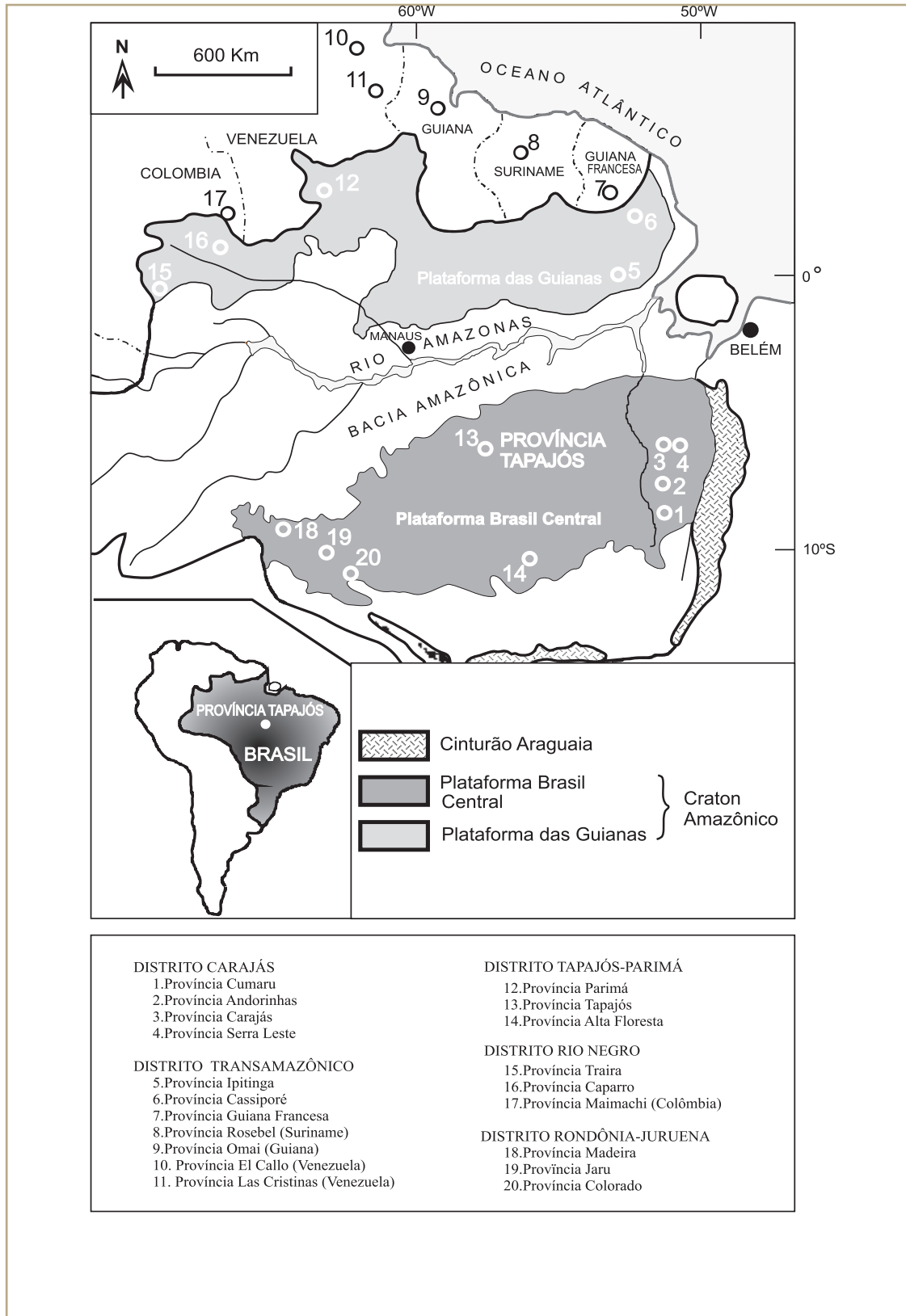


Figura 2.1 Distribuição dos principais distritos e províncias auríferos no Craton Amazônico.



**Tabela 2.1** Exemplos de Depósitos Econômicos de Ouro no Craton Amazônico.

PROVÍNCIA MINERAL	DEPÓSITO	LOCALIZAÇÃO	RESERVA/TEOR	EMPRESA
Carajás	Alemão	SE do Pará	150 t Au	CVRD
Carajás	Salobro	SE do Pará	90 t Au	CVRD
Carajás	Bahia	SE do Pará	0.57 g Au/t 85 t Au	CVRD
Transamazônica/Brasil	Amapá	Amapá	4.75 g Au/t 70 t Au	Anglo America
Transamazônica/Omai	Omai	NW Guiana	134 t Au	Cambior/ Golden Star
Transamazônica/Suriname	Gross Rosebell	Suriname	1.35 g Au/t 32 t Au	Golden Star
Transamazônica/Guiana Francesa	Camp Cayman	N G. Francesa	45 t Au	ASARCO
Transamazônica/Guiana Francesa	Paul Isnard	N G. Francesa	65 t Au	ASARCO
Transamazônica/Guiana Francesa	Las Cristinas	SE da Venezuela	370 t Au	Placer Dome
Tapajós-Parima	Ouro Roxo	SW do Pará	1.2 g Au/t 37t Au	Matapi
Tapajós-Parima	São Jorge	SW do Pará	7.59 g Au /t 32t Au	Bullet
			6 g Au /t	

Fonte: Santos, J.O.S. (1999)

com a Plataforma Paraguai Leste, formam o Craton Amazônico e equivalem a 4.500.000km<sup>2</sup> da área total da Plataforma Sul-Americana.

Os seguintes domínios geotectônicos são reconhecidos na Plataforma Sul-Americana, conforme exposto na Figura 2.2 (Almeida & Hasui, 1984):

- (i) Cinco áreas cratônicas ou estáveis abrangendo o Craton Amazônico, o Craton de São Luiz e o Craton do São Francisco, no Brasil e parte no Paraguai; o Craton do Rio de la Plata, no Uruguai; e as áreas cratônicas menores Tandillia e Sierras Australes, na Argentina;
- (ii) Três áreas de maciços: Maciço Central de Goiás; Maciço de Pernambuco-Alagoas; e Maciço de Guaxupé;
- (iii) Áreas de cinturões móveis de diferentes idades, a maior parte delas superimpostas por diferentes fases de deformação e metamorfismo, com evidências de reativação: Cinturões dobrados pré-brasileiros (cinturões Uruaçu e Espinhaço); Cinturões dobrados do Ciclo Brasileiro (Cinturão Paraguai-Araguai; Cinturão Brasília; Cinturão Sergipano e Cinturão Araçuaí); e Cinturões dobrados de idades do Paleoproterozóico a Neoproterozóico (Sequências vulcanossedimentares da Borborema);
- (iv) Cobertura Sedimentar do Ciclo Brasileiro sobreposta ao embasamento e aos cinturões móveis, por inconformidade; e
- (v) Sedimentos fanerozóicos que ocorrem nas bacias sedimentares paleozóicas, *on-shore* (Bacia Amazonas; Bacia Maranhão-Piauí; Bacia do Paraná) e as bacias marginais que progradam para a margem continental (*off-shore*).

No Brasil, a Plataforma Sul-Americana consiste em terrenos pré-cambrianos do embasamento granito-gnaíssico e *greenstone-belts*, circundados por cinturões móveis que foram submetidos a deformações de alto a baixo grau metamórfico. Sequências sedimentares e vulcânicas de idades

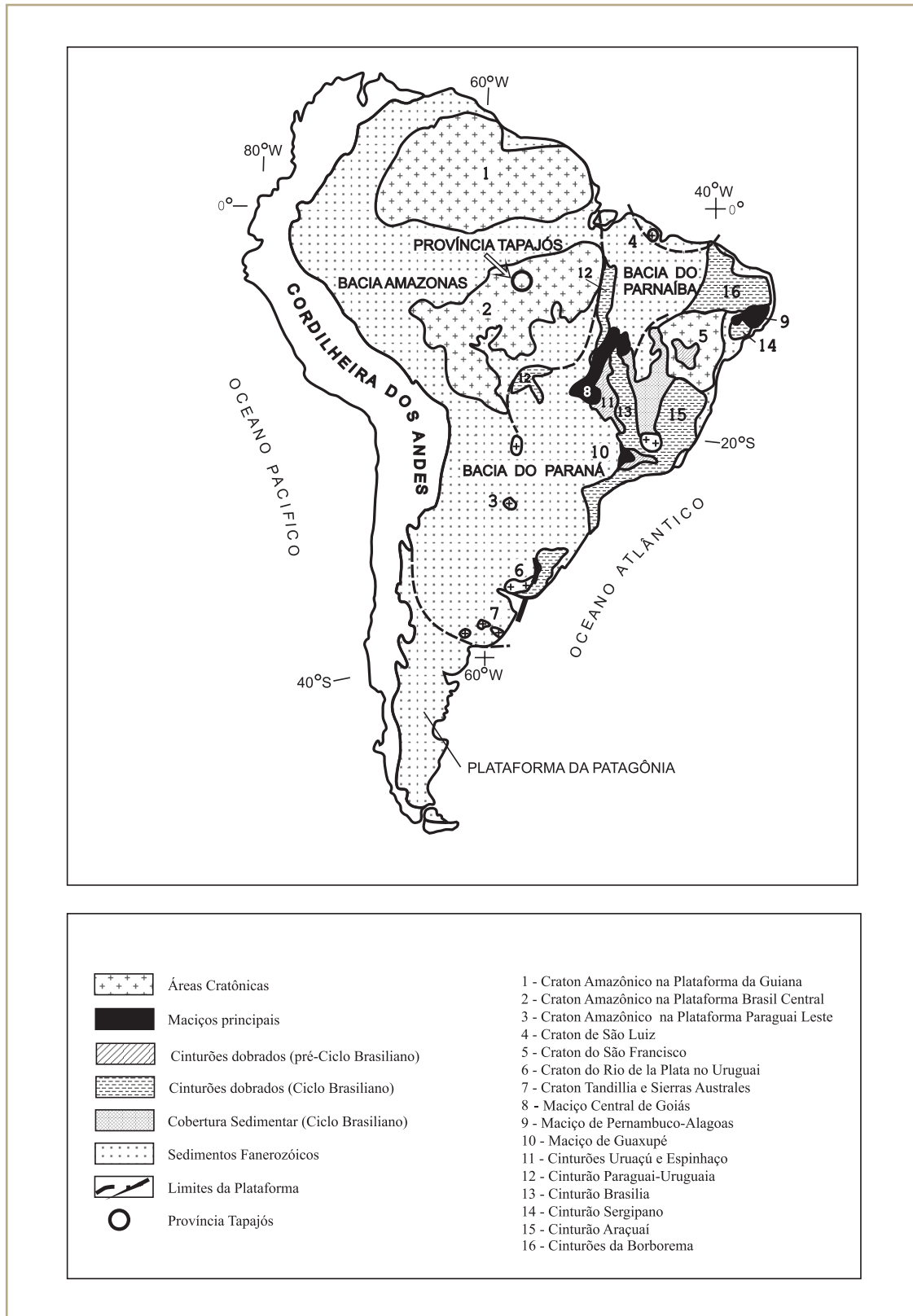


Figura 2.2 Plataforma Sul-Americana e principais domínios geotectônicos (modificado de Almeida & Hasui, 1984), com a localização da Província Tapajós.



do Pré-cambriano ao Fanerozóico, incluindo espessas unidades clásticas intracratônicas, também estão presentes (Almeida *et al.*, 1976; 1981).

Cinco ciclos tectônicos têm sido reconhecidos nos terrenos pré-cambrianos no Brasil conforme exposto na Tabela 2.2 (Almeida *et al.*, 1976).

**Tabela 2.2** Ciclos Tectônicos no Brasil.

ICS/UGS (1989)	ERA (ALMEIDA & HASUI, 1984)	CICLOS TECTÔNICOS (ALMEIDA <i>ET AL.</i> , 1976)
Neoproterozóico (1,0-0,65 Ga)	Proterozóico Superior (1,0-0,57 Ga)	Brasiliano (1,0-0,5 Ga)
Mesoproterozóico (1,6-1,0 Ga)	Proterozóico Médio (1,8-1,0 Ga)	Uruaçuano ( > 1,5-1,0 Ga)
Paleoproterozóico (2,5-1,6 Ga)	Proterozóico Inferior (2,5-1,75 Ga)	Transamazônico (2,0 Ga $\pm$ 0.2 Ma)
Arqueano (> 2,5 Ga)	Arqueano Superior (3,0-2,5 Ga) Arqueano Inferior (>3,0 Ga)	Jequié (2,7 Ga $\pm$ 0.1 Ma) Guriense (> 3,0 Ga)

Entretanto, com relação aos limites acima expostos deve ser ressaltado que o limite 1,6 Ga para Paleoproterozóico/Mesoproterozóico proposto pelo ICS/IUGS não se aplica para os terrenos no Brasil, em especial na Amazônia (Almeida & Hasui, 1984; Brito Neves, 1992). Os dados de rochas mais recentes e disponíveis do Proterozóico Médio, nessa região, indicam que o limite inferior está em torno de 1,9 a 1,75 Ga (Brito Neves, 1992).

### 2.3 Evolução do conhecimento geológico do Craton Amazônico

O Craton Amazônico, contido predominantemente no Brasil, estende-se ao norte para os países vizinhos (Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa), onde os limites estão encobertos por sedimentos fanerozóicos. A leste e sudeste limita-se pelo Cinturão Móvel Araguaia de idade Neoproterozóico e a oeste pela Cadeia Andina (Figura 2.3).

O Craton Amazônico foi inicialmente dividido (Amaral, 1974), em três províncias cratônicas: (i) oriental, (ii) central e (iii) ocidental. A seguir, foi proposta uma divisão em duas províncias estruturais (Almeida *et al.*, 1977):

- (i) Província Tapajós, localizada ao sul, situada na parte do escudo Brasil Central ou Craton do Guaporé; e
- (ii) Província Rio Branco, a norte da bacia Amazonas, pertencente ao escudo das Guianas.

Uma evolução tectônica controlada por episódios crustais acrescionários foi sugerida para o Craton Amazônico, com base na similaridade geológica entre esta unidade e demais regiões cratônicas no mundo que ocorrem, por exemplo, no Canadá, África e Austrália. Com base em dados radiométricos, predominantemente Rb-Sr, provenientes de rochas pré-cambrianas da Amazônia brasileira, foi proposto um modelo evolutivo para o Craton Amazônico

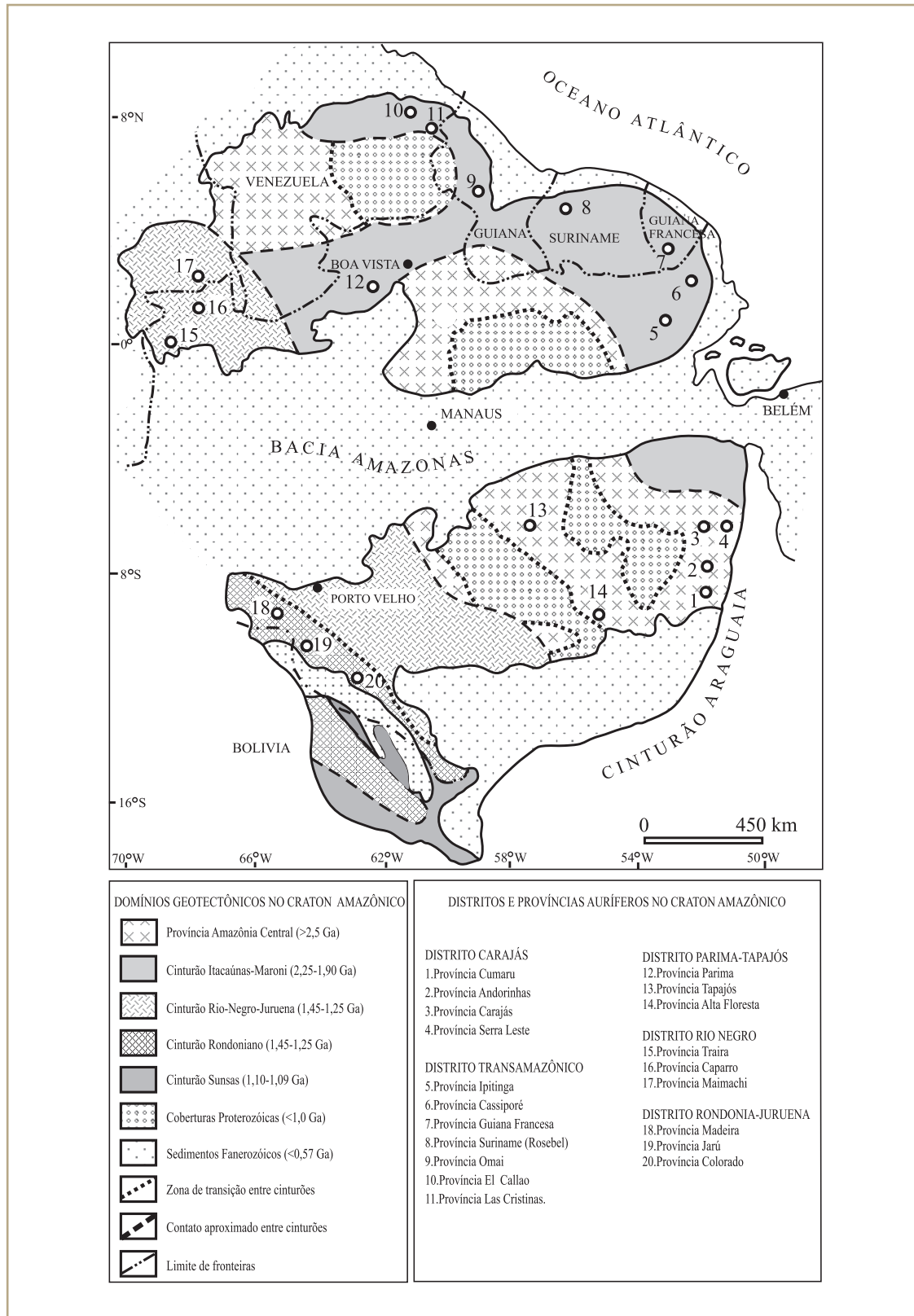


Figura 2.3 Domínios geotectônicos (modificado de Cordani & Brito Neves, 1982) com a distribuição dos principais distritos e províncias auríferas no Craton Amazônico.



compreendendo quatro províncias geocronológico-estruturais (Cordani *et al.*, 1979). Com exceção da Província Amazônia Central, sugerida como núcleo antigo, as demais províncias foram interpretadas como *mobile belts* com desenvolvimento relacionado a ciclos geodinâmicos distintos.

- (i) Província Amazônia Central (> 2,50 Ga).
- (ii) Província Maroni - Itacaúnas (2,2-1,8 Ga).
- (iii) Província Rio Negro - Juruena (1,75-1,4 Ga).
- (iv) Província Rondoniana (1,4-1,1 Ga).

A seguir, o Craton Amazônico foi descrito como um maciço antigo constituído por um núcleo do Arqueano denominado (i) Província Amazônia Central, circundado por três cinturões móveis (*mobile belts*) de idades variando do Paleoproterózoico ao Mesoproterozóico, que são: (ii) Província Maroni - Itacaúnas, (iii) Província Rio Negro - Juruena e a (iv) Província Rondoniana (Cordani & Brito Neves, 1982).

Modelos combinando idades radiométricas e dados geofísicos (gravimetria e magnetometria) permitiram reconhecer-se uma série de 12 blocos crustais de idades desde o Arqueano ao Proterozóico. Em geral, os limites entre esses blocos são definidos por anomalias gravimétricas positivas ou áreas representadas por anomalias fortemente magnéticas. Estas áreas foram interpretadas como cinturões deformados e metamorizados, de cavalgamento e transcorrência. Esses cinturões consistem em gnaisses de médio grau, supracrustais e granitóides e terrenos de alto grau caracterizados por rochas granulíticas, com feições de segmentação e imbricamento, limitados por descontinuidades geofísicas, interpretadas como colisionais, tipo Himalaia com junções tríplices (Hasui *et al.*, 1984). O núcleo dos blocos crustais é constituído por terreno granito-gnaíssico com sequências tipo *greenstone belts*. Essa estruturação é interpretada como resultante de processos colisionais, e as rochas granulíticas representam porções da crosta inferior alçadas pela movimentação tectônica para níveis crustais mais elevados (Costa & Hasui, 1997; Figura 2.4).

Com base em investigações geocronológicas, predominantemente datações pelo método Rb-Sr (Teixeira *et al.*, 1989), o Craton Amazônico foi dividido em cinco províncias geocronológicas, compreendendo um núcleo antigo (Província Amazônia Central), bordejada por quatro províncias de idade variando do Proterozóico Inferior ao Proterozóico Médio. Esses estudos sugerem eventos de diferenciação mantélica e processos acrescionários na evolução das três primeiras províncias, seguidos por orogenias ensiálicas para as duas últimas unidades, ficando o Craton assim dividido:

- (i) Província Amazônia Central (núcleo antigo).
- (ii) Província Maroni - Itacaúnas.
- (iii) Província Rio Negro - Juruena.
- (iv) Província Rondoniana.
- (v) Província Sunsás.

Posteriormente, com base em novas datações de Rb-Sr, o Craton Amazônico foi dividido em seis províncias geocronológicas, sugerindo uma evolução crustal envolvendo núcleos de idade

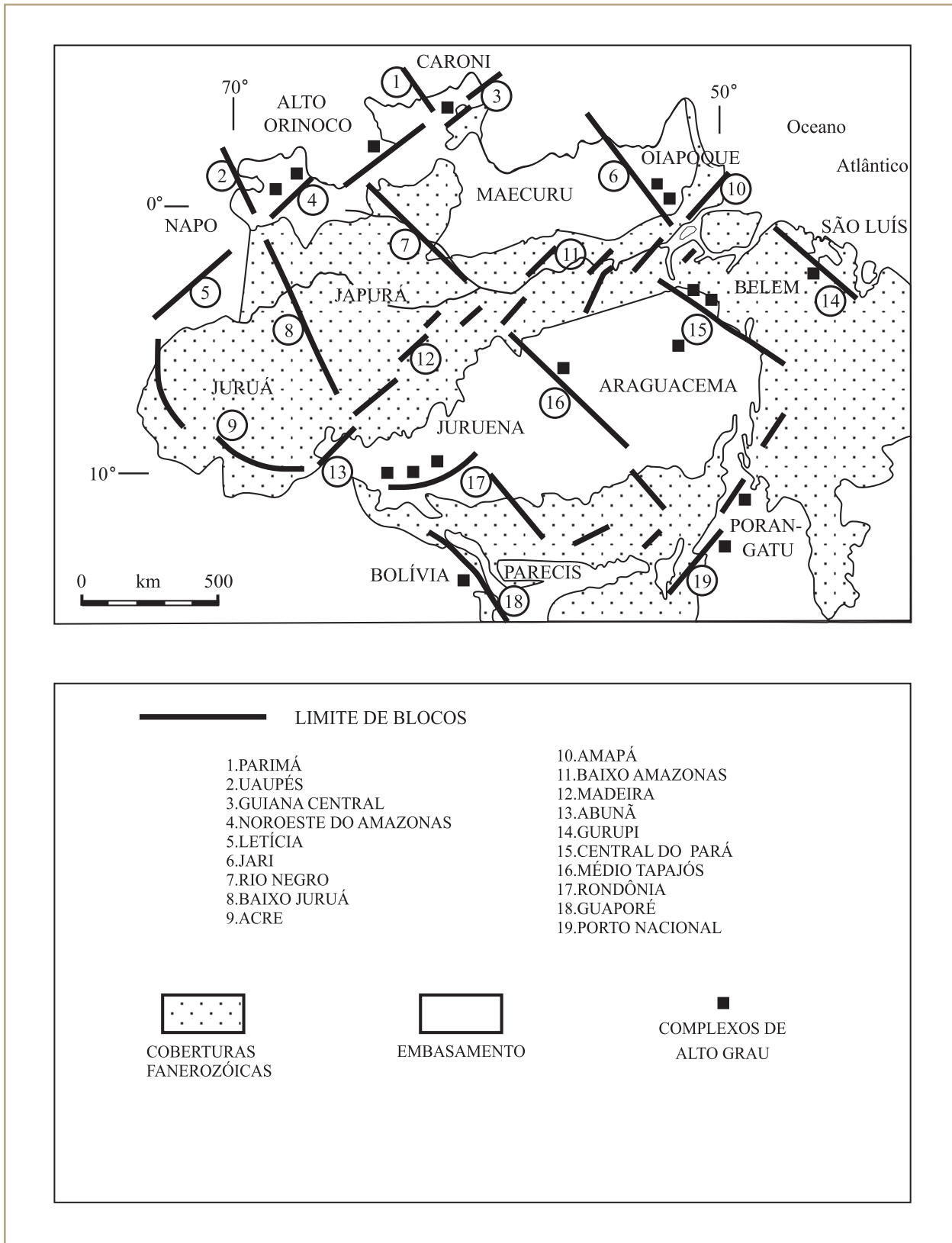


Figura 2.4 Blocos crustais da região amazônica no Brasil (Hasui et al., 1984).



do Arqueano, posteriormente amalgamados por cinturões móveis de idades relacionadas ao Ciclo Transamazônico. Esses grandes fragmentos neoformados foram agregados por uma sucessão de arcos magmáticos com idades variáveis de 1,9 Ga a 1,55 Ga. Subsequentemente, essa imensa área continental foi submetida, em sua borda sudoeste, a dois eventos orogenéticos de natureza ensialica, denominados de Rondoniano-San Ignácio e Sunsás (Tassinari, 1996):

- (i) Província Amazônia Central (2,3 Ga).
- (ii) Província Maroni - Itacaúnas (2,2-2,95 Ga).
- (iii) Província Ventuari - Tapajós (1,95-1,8 Ga).
- (vi) Província Rio Negro - Juruena (1,8-1,55 Ga).
- (vi) Província Rondoniana - San Ignácio (1,5-1,3 Ga).
- (vii) Província Sunsás (1,25-1,0 Ga).

Com base em estudos geocronológicos, predominantemente em datações de Sm-Nd (Sato & Tassinari, 1997), foram reconhecidos os principais eventos de acreção manto-crosta continental no Craton Amazônico. As idades-modelos Sm-Nd relativas ao manto empobrecido (DM) apresentaram valores variáveis desde 3,0 até 1,0 Ga, corroborando os modelos de evolução tectônica do Craton Amazônico, previamente sugeridos (Cordani *et al.*, 1979; Teixeira *et al.*, 1989), que propõem uma evolução de cinturões móveis do Paleoproterozóico e Mesoproterozóico bordejando núcleos antigos do Arqueano. Segundo esses estudos, o principal período de acreção continental ocorreu no Paleoproterozóico, entre 2,0 Ga a 2,1 Ga (60% do volume da crosta):

- (i) Província Amazônia Central; região de Carajás (Sm-Nd  $T_{DM} > 2,3$  Ga).
- (ii) Província Maroni - Itacaúnas (Sm-Nd  $T_{DM}$  varia de 2,25 Ga a 2,0 Ga).
- (iii) Província Rio Negro - Juruena (Sm-Nd  $T_{DM}$  varia de 2,2 Ga a 1,7 Ga).
- (iv) Província Rondoniana (Sm-Nd  $T_{DM}$  varia de 2,2 Ga a 1,0 Ga).
- (v) Província Sunsás (Sm-Nd  $T_{DM}$  varia de 2,2 Ga a 1,0 Ga).

Novos estudos geocronológicos, por métodos de alta resolução, têm levado a questionamento muitas das idades K-Ar e Rb-Sr anteriores (Cordani *et al.*, 1979), cujas isócronas têm se revelado inconsistentes quando comparadas com o nível de conhecimento geológico disponível. A partir da década de 90, dados radiométricos obtidos por métodos mais precisos (e.g. U-Pb, Pb-Pb e Sm-Nd; Machado *et al.*, 1991; Macambira & Lancelot, 1991 a & b; 1992; 1996) induziram a uma revisão nos modelos anteriormente propostos para os domínios geotectônicos do Craton Amazônico.

Recentemente, estudos suportados por datações geocronológicas U-Pb em zircões (método convencional e SHRIMP) e dados isotópicos de Sm-Nd sugerem uma divisão em oito províncias geotectônicas para os terrenos pré-cambrianos do Craton Amazônico, cuja evolução é atribuída a processos de acreção, relacionados ao desenvolvimento de arcos magmáticos (províncias Carajás - Imatacá, Transamazônica, Tapajós - Parima e Rondônia Juruena) ou à reciclagem de crosta continental (Amazônia Central, Rio Negro, K'Mudku e Sunsás; Santos *et al.*, 2000; vide Figura 2.5):

- (i) Província Carajás - Imatacá (3,10-2,53 Ga).
- (ii) Província Transamazônica (2,25-2,00 Ga).

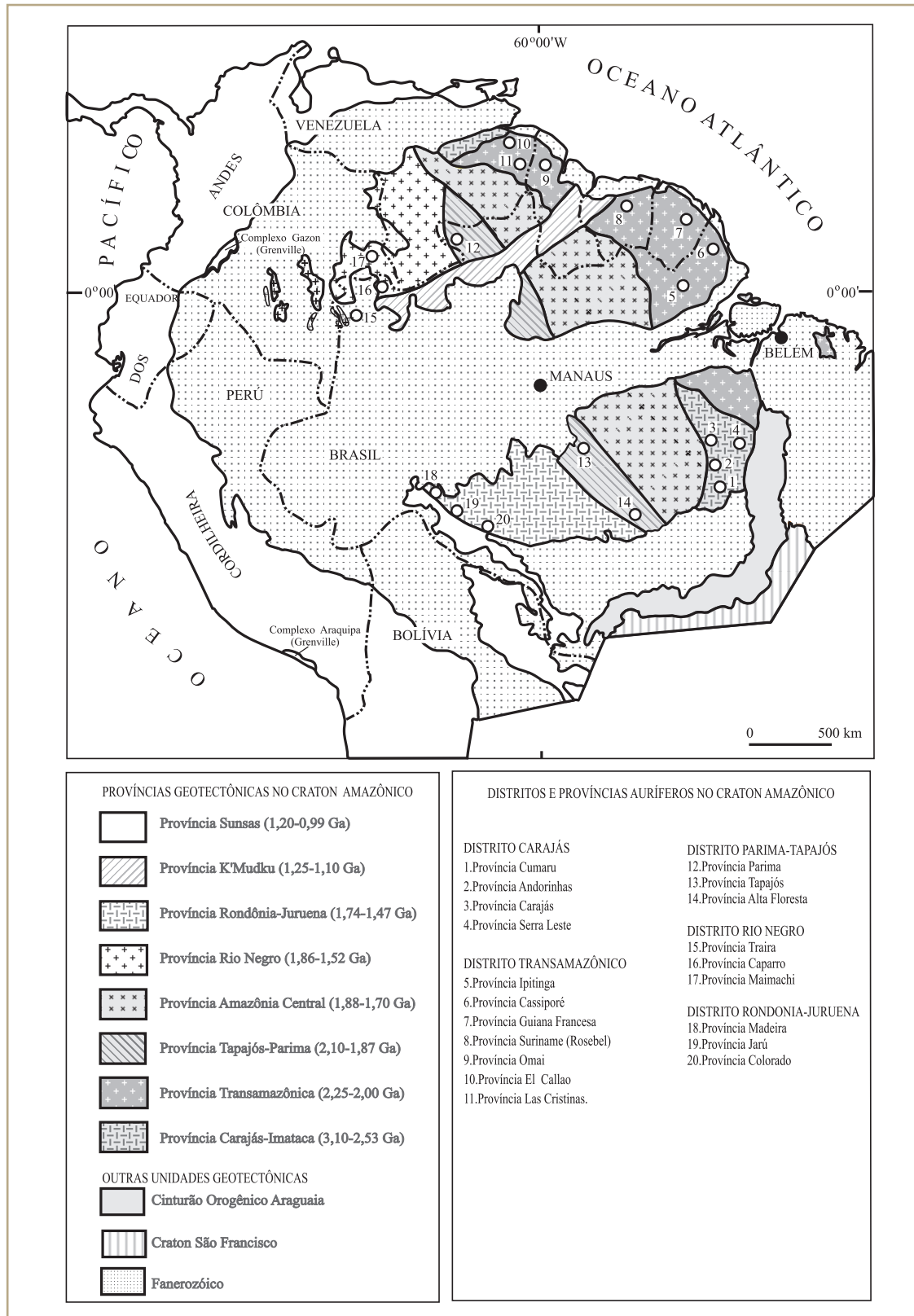


Figura 2.5 Províncias geotectônicas (modificado de Santos et al., 2000) com a distribuição dos principais distritos e províncias auríferas no Craton Amazônico.

- (iii) Província Tapajós - Parima (2,01-1,87 Ga).
- (iv) Província Amazônia Central (1,88-1,70 Ga).
- (v) Província Rio Negro (1,86-1,52 Ga).
- (vi) Província Rondônia - Juruena (1,75-1,47 Ga).
- (vii) Província K'Mudku (1,25-1,10 Ga).
- (viii) Província Sunsás (1,20-0,99 Ga).

Com base nesses novos estudos (Santos *et al.*, 2000), as exposições de idade do Arqueano são restritas à Província Carajás - Imataca, indicando que a Província Amazônia Central é predominantemente formada por crosta de idade do Proterozóico. As províncias Carajás - Itamaca e Transamazônica consistem em terrenos granito-*greenstone belts*, enquanto que a província Amazônia Central é interpretada como originada da fusão parcial de crosta continental de idade do Arqueano, provavelmente proveniente da Província Carajás. As províncias Tapajós - Parima e Rondônia - Juruena representam crosta acrescida como cinturões orogênicos. Para as províncias Rio Negro e Sunsás é sugerida origem relacionada principalmente a reciclagem magmática dos dois cinturões orogênicos mais antigos. A Província K'Mudku caracteriza-se pelo desenvolvimento de uma extensa zona de cisalhamento NE-SW que resultou na deformação e retrabalhamento de rochas, pelo menos, de três províncias: Rio Negro, Tapajós - Parima e Transamazônica.

## 2.4 Províncias tectônicas do Craton Amazônico

Com base na evolução do conhecimento geológico acima apresentado, os diversos modelos sugeridos para a evolução tectono-geológica do Craton Amazônico basearam-se em três tipos de investigações:

- (i) Dados geofísicos de magnetometria e gravimetria (Costa & Hasui, 1997). Este modelo sugere um craton formado por 12 blocos antigos consistindo em terrenos granito-*greenstone belts*, cujas margens caracterizam-se pelo desenvolvimento de cinturões altamente deformados (terrenos granulíticos) resultantes de processos colisionais durante o Arqueano-Paleoproterozóico, reativados em períodos subsequentes.
- (ii) Dados geocronológicos obtidos por métodos de baixa resolução (predominantemente K-Ar, Rb-Sr) e mais raramente Sm-Nd para datações em terrenos deformados (e.g. Cordani *et al.*, 1979; Cordani & Brito Neves, 1982; Teixeira *et al.*, 1989; Tassinari, 1996; Sato & Tassinari, 1997). As diferentes propostas fundamentaram-se no conceito de núcleo de rochas antigas contendo terrenos granito-*greenstone* circundados por cinturões móveis (*mobile belts* no conceito de Anhaeusser *et al.*, 1969).
- (iii) Dados geocronológicos de alta resolução para datação de terrenos pré-cambrianos obtidos através de U-Pb em zircões (método convencional e SHRIMP), associados a Sm-Nd e a algumas datações Rb-Sr (Santos *et al.*, 2000). A proposta sugere oito províncias geotectônicas no Craton Amazônico geradas por acreção relacionada ao desenvolvimento de arcos magmáticos e/ou por reciclagem de crosta continental.



Todavia, a análise das propostas acima referidas recomenda certa reserva nas divisões apresentadas. Nesse sentido, trabalhos de campo realizados posteriormente em áreas correspondentes aos limites marginais de blocos crustais sugeridos na proposta (i) com base em dados geofísicos não comprovaram a presença de terrenos de alto grau (granulitos) nessas áreas (In Santos *et al.*, 2000). A falta de apoio de campo nas propostas baseadas em dados geocronológicos por métodos de baixa resolução (proposta ii) para datação em terrenos pré-cambrianos deformados, recomenda uma revisão nessas idades por métodos mais adequados para esse tipo de terreno. Finalmente, a proposta com base em dados geocronológicos de precisão (proposta iii), apesar de ser suportada por informações de campo, deve ser considerado que nem todas as províncias sugeridas apresentam nível de conhecimento geológico satisfatório, que permita esclarecer com precisão os limites entre as diversas províncias. Por exemplo, a província K'Mudku, representada por uma *shear-zone* que afetou litologias de diversas províncias, permanece geologicamente pouco conhecida. Por outro lado, os limites entre as províncias Rio Negro e Rondônia - Juruena, bem como entre Rio Negro e Tapajós-Parima são insatisfatoriamente conhecidos e carecem de investigações complementares (Santos *et al.*, 2000).

As províncias tectônicas do Craton Amzônico, apresentadas na Figura 2.5 (Santos *et al.*, 2000), caracterizam-se pelos aspectos geológicos a seguir mencionados.

#### 2.4.1 Província Carajás – Imataca

Abrange a Província Carajás situada no sudeste do Estado do Pará e o Cinturão Imataca localizado no extremo norte do Craton Amazônico, nas proximidades do rio Orinoco, Venezuela. Cinco províncias auríferas denominadas Cumaru, Andorinhas, Carajás, Serra Leste e Sapucaia são reconhecidas em Carajás. Ambas as unidades Carajás e Imataca são detentoras de grandes reservas de minério de ferro.

Em função do avanço do conhecimento geológico (Santos *et al.*, 2000), a área inicialmente atribuída a terrenos de idade do Arqueano no Craton Amazônico foi bastante reduzida ficando, em ambas as unidades, Carajás e Imataca, restrita apenas aos terrenos granito-*greenstone*.

Em Carajás os cinturões móveis, distribuídos em *trends* variando de N70°W a E-W, consistem em metabasalto, formações ferríferas e metassiltitos, intrudidos por granitóides de diferentes idades: granito Salobro ( $2.573 \pm 2$  Ma) e granito Serra dos Carajás (1.880 Ma; Machado *et al.*, 1991). Em Imataca sequências de formações ferríferas, metamorfizadas na fácies granulítica e de idade 3,10 Ga (Bellizia, 1972), estão distribuídas segundo *trend* N60°-70°W.

Dados geocronológicos recentes de rochas provenientes da região de Carajás, obtidos por métodos de alta resolução (U-Pb ou Pb-Pb), em zircão ou rocha total, indicam idades antigas para essas rochas, tais como:  $2.957 \pm 19$  Ma em metatonalitos gnáissicos da região do Rio Maria (Macambira & Lancelot, 1991);  $3.050 \pm 114$  Ma em granulitos do complexo Pium (Rodrigues *et*

*al.*, 1992); 2.904  $\pm$  29/-22 Ma em metarriolito do *greenstone belt* da região do Rio Maria (Macambira & Lancelot, 1992); 2.876  $\pm$  13/-11 Ma em granodiorito Rio Maria que corta o metarriolito de mesmo nome (Macambira & Lancelot, 1992); 2.645  $\pm$  12 Ma para os metagabros que cortam as seqüências de metassedimentos do Grupo Rio Fresco (Dias *et al.*, 1996); e 3,10 Ga (U-Pb) nos granulitos Cupixi, no Amapá (MacReath & Faraco, 1997).

A evolução arqueana da região de Carajás é marcada por eventos tectono-metamórficos significativos, tendo sido afetada por uma tectônica predominantemente transcorrente (Araújo *et al.*, 1988; Olszewski *et al.*, 1989; Machado *et al.*, 1991). A idade da mineralização aurífera (*lode-gold*) é 2.850  $\pm$  65 Ma (Mougeot *et al.*, 1996).

#### 2.4.2 Província Transamazônica

Estende-se por cerca de 2.000 km, desde a localidade de Ipitinga no Pará, seguindo na direção noroeste até a Venezuela, esta província corresponde a antiga denominação Província Maroni - Itacaiúnas (Tassinari *et al.*, 1996), onde ocorrem importantes depósitos de ouro: Ipitinga (Pará), Amapá (Amapá), Guiana Francesa, Gross Rosebel (Suriname), Omai (Guiana), El Callao (Venezuela) e Las Cristinas (Venezuela). A província é representado por um extenso cinturão móvel consistindo em terreno granito-*greenstone belt*, com *trend* N 50°-70° W, dominado por seqüências vulcanossedimentares, predominantemente clásticas, com pequena contribuição de rochas ultramáficas. Essas seqüências têm denominações diversas: Vila Nova e Ipitinga (Brasil), Paramacá e Bonidoro (Guiana Francesa), Armina-Rosebel (Suriname), Barama - Mazaruni (Guiana) e Pastora - Carichapo (Venezuela).

Dados geocronológicos indicam a idade de vulcanismo de 2.120  $\pm$  2 Ma, em Omai, Guiana (Norcross *et al.*, 1998) e 2.130 Ma na Guiana Francesa (Milesi *et al.*, 1995). Com base em dados de Pb-Pb em sulfetos, duas fases metalogenéticas para a mineralização de ouro são indicadas: a primeira fase de idade 2,15 Ga e a segunda (fase tardia) de 2,014 Ga (Milesi *et al.*, 1995).

A evolução geológica do cinturão está associada a uma evolução crustal ocorrida durante o Proterozóico, compreendida entre 2,25-2,00 Ga, sugerindo uma correlação com o cinturão Birrimiano no oeste africano (Santos *et al.*, 2000).

#### 2.4.3 Província Tapajós – Parima

Localiza-se na parte oeste da Província Amazônia Central e estende-se desde o noroeste de Roraima até o sudeste do Estado de Mato Grosso. Abrange as províncias auríferas Parima, Tapajós e Alta Floresta, englobando a parte oeste da Província Amazônia Central, no conceito de Tassinari *et al.*, (1996). A significativa produção de ouro aluvionar nessas áreas pode ser demonstrada pela maciça presença de garimpos nas áreas, bem como pela grande quantidade de pistas de garimpos cadastradas (300 no Tapajós, 170 em Parima e 185 em Alta Floresta).

Geologicamente, a província caracteriza-se por um extenso cinturão com domínio de rochas orogênicas, expressivo magmatismo cálcioalcalino e um sistema plutono-vulcânico associado (rochas relacionadas ao Evento Uatumã: vulcânicas tipo Iriri e granitóides Maloquinha). O expressivo magmatismo cálcioalcalino, o predomínio de rochas metassedimentares em relação às rochas básicas e *trends* estruturais NW-SE sugerem uma correlação geológico-evolutiva entre a Província Tapajós e as províncias Parima (a noroeste) e Alta Floresta (a sudeste).

Dados geocronológicos recentes (Santos *et al.*, 2000) indicam na Província Mineral do Tapajós idades de rochas que variam de 2,10 Ga a 1,87 Ga. Com base nesses estudos, propõe-se que a província se tenha originado por processos acrescionários com desenvolvimento de arcos magmáticos, com a geração de crosta acrescida aos cinturões orogenéticos segundo *trend* N 20°-30° W (vide Capítulo 6).

#### 2.4.4 Província Amazônia Central

A província tem sido considerada como um núcleo de idade do Arqueano acrescido de vários cinturões móveis (Tassinari *et al.*, 1996). Entretanto, estudos geocronológicos recentes (Santos *et al.*, 2000) sugerem uma expressiva redução (45%) na área originalmente proposta, tendo as rochas de idade do Arqueano ficado restritas apenas a Carajás (Pará, Brasil) e predominantemente em Itamaca (Venezuela). A parte oeste-central dessa província, segundo esses estudos, consiste em rochas vulcânicas ácidas a intermediárias (tipo Iriri-Surumu) e granitóides (tipos Maloquinha e Mapuera); sedimentos fluviais clásticos (tipo Roraima) e *sill* e diques básicos (intrusões tipo Crepori-Avanavero). Esses litótipos apresentam-se fracamente dobrados, porém formam blocos tectônicos falhados. A província consiste predominantemente em terreno plutônico do Proterozóico, originado da fusão parcial da crosta continental de idade do Arqueano (Santos *et al.*, 2000).

Dados de Sm-Nd, em rochas das sequências intracratônicas, com valores de  $\hat{I}_{Nd}$  (-7.10 a -12.38) e idade-modelo Sm-Nd  $T_{DM}$  (2,44-2,85 Ga) são interpretados como idades das rochas fontes relacionadas à crosta continental de idade do Arqueano (reciclagem de crosta), proveniente, provavelmente, da Província Carajás (Santos *et al.*, 2000). Datações em zircões (SHRIMP) em granitóides revelaram idades de  $1.870 \pm 4$  Ma, interpretadas como idade de formação de rocha e  $2.680 \pm 18$  Ma atribuída a idade da fonte (Santos *et al.*, 2000).

#### 2.4.5 Província Rio Negro

Localiza-se a noroeste do Craton Amazônico, abrangendo partes a noroeste do Brasil, sudoeste da Venezuela e sudeste da Colômbia. Limita-se ao leste pelo Cinturão Orogenético Tapajós – Parima (Santos *et al.*, 2000).

É constituída por granitóides (monzogranitos a tonalitos), bandados ou foliados, calcioalcalinos, que constituem o embasamento, e subordinadamente por sequências areníticas quartzosas com raros filitos, dobradas e metamorfizadas, denominadas Grupo Tunuí, a oeste, e Grupo Roraima,



a leste. O Grupo Tunuí, denominação no território brasileiro, ou Traíra na Colômbia, é portador de importantes depósitos de ouro (Serra da Onça, Traíra e Caparro, no Brasil; Caranacoa e Maimachi, na Colômbia). Esta sequência é correlata ao Grupo Roraima (Menezes & Melo, 1994). Rochas intrusivas ultramáficas e máficas (Complexo Tapuruquara), batólitos graníticos das Suítes Intrusiva Içana (Almeida *et al.*, 1997b) e Uaupés (Dall'Ágnol & Macambira, 1992) são as rochas dominantes na província.

Datações em granitóides do embasamento na Venezuela (Gaudette & Olszewski, 1985) indicam as seguintes idades:  $1.847 \pm 65$  Ma (U-Pb em zircão) e  $1.823 \pm 15$  Ma (isócrona Rb-Sr) para o gnaisse Macabana;  $1.859 \pm 47$  Ma (U-Pb em zircão) para o gnaisse Minicea;  $1.793 \pm 98$  Ma (isócrona Rb-Sr) para o gnaisse Atabapo;  $1.783 \pm 35$  Ma (isócrona Rb-Sr) para o granito Cassiquiare; e  $1.805 \pm 60$  Ma (isócrona Rb-Sr) para o Granito Padamo. Tonalitos da Venezuela (Cassiquiare) revelaram idade em zircões de  $1.834 \pm 24$  Ma (SHRIMP; Tassinari *et al.*, 1996). Idades em zircões (U-Pb) provenientes da coberturas clásticas na região de Seis Lagos indicaram idades de  $1.859 \pm 47$  Ma;  $1.834 \pm 24$  Ma;  $1.823 \pm 15$  Ma;  $1.810 \pm 9$  Ma. Esses dados atestam que o embasamento da Província Rio Negro é mais novo do que as rochas da Província Tapajós - Parima e mais antigo do que as da Província Rondonia - Juruena (Santos *et al.*, 2000). Idades de formação crustal (Sm-Nd) do magmatismo calcioalcalino variam de 1.916 Ma a 2.062 Ma (Sato & Tassinari, 1997). Estudos geocronológicos por U-Pb em três zircões provenientes de rochas do Grupo Tunuí (montanha Caparro, limite Brasil - Colômbia) indicam idade compreendida entre 1.973 Ma a 1.518 Ma para o tempo de deposição desses sedimentos (Santos *et al.*, 2000). Datações U-Pb em zircões, em granitóides das suítes intrusiva Içana e Uaupés indicaram idades de 1.512 Ma (Almeida *et al.*, 1997b) e  $1.518 \pm 25$  Ma (Santos *et al.*, 2000). Com base em estudos recentes Santos *et al.* (2000) sugerem 1.950 Ma a idade máxima para o Grupo Roraima, cuja unidade foi dobrada e metamorfozizada durante o evento responsável pela colisão Rio Negro há 1.650 - 1.500 Ma. Datações em granitóides da Suíte Intrusiva Uaupés indicaram as seguintes idades:  $1.459 \pm 32$  Ma (Rb-Sr em rocha total; Dall'Ágnol & Macambira, 1992);  $1.617 \pm 90$  Ma e  $1.567 \pm 25$  Ma (Gaudette & Olszewski, 1985). Para os granitóides da Suíte Intrusiva Içana, datações revelaram as idades:  $1.521 \pm 32$  Ma (Pb-Pb em zircão; Almeida *et al.*, 1997b);  $1.268 \pm 23$  Ma (isócrona Rb-Sr; Tassinari, 1981).

#### 2.4.6 Província Rondônia - Juruena

Localiza-se a oeste da Província Tapajós - Parima e apresenta distribuição restrita à porção sudoeste do Craton Amazônico. Depósitos de ouro primário, apesar de geologicamente pouco conhecidos, estão distribuídos ao longo do Cinturão Orogênico Guaporé, tais como Jarú, Serra Sem Calça, Arapapa, Jenipapo, Nova Brasilândia e Colorado. Depósitos de ouro aluvionar são frequentes, principalmente ao longo do rio Madeira.

Idades de isócrona de Rb-Sr em rocha total, de litótipos do embasamento das áreas de Rondônia e Juruena, levaram a admitir essas áreas como províncias distintas na evolução do Craton Amazônico (Cordani *et al.*, 1979; Tassinari *et al.*, 1996). Entretanto, previamente, idades similares

já haviam sido registradas para rochas provenientes dessas províncias (Payolla *et al.*, 1998). Mais recentemente, estudos (Santos *et al.*, 2000) baseados em U-Pb (convencional e SHRIMP) também têm demonstrado idades similares para ambas as áreas, as quais são interpretadas como pertencentes a uma mesma província tectônica.

Geologicamente, a província consiste em rochas do embasamento (gnaisses dominantes); rochas do Cinturão Orogênico Guaporé (sequência vulcanossedimentar, dobrada e metamorfizada na fácies *greenschist*, denominada Grupo Roosevelt); granitóides (tipo Serra da Providência), em geral, deformados para milonitos e sedimentos de cobertura plataformal (Grupo Beneficente).

Datações (SHRIMP) em zircões de rochas vulcânicas (dacitos do Grupo Roosevelt) indicam idade  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $1.740 \pm 8$  Ma, enquanto que os riolitos (Teleron Hill) correlatos ao Grupo Beneficente apresentaram idades U-Pb de  $1.691 \pm 73$  Ma (Santos *et al.*, 2000). Datações U-Pb em zircões de granitóides revelaram idades de  $1.657 \pm 16$  Ma (paragnaisses) e  $1.429 \pm 16$  Ma (charnoquitos; Santos *et al.*, 2000); e 1.554 Ma no granito Serra da Providência (Bettencourt *et al.*, 1999).

#### 2.4.7 Província K'Mudku

Com nível de conhecimento geológico insatisfatório, a província consiste em um extenso cinturão de cisalhamento, 200 km de largura, direção NE-SW, localizada na porção ocidental do Craton Amazônico, onde estruturas oblíquas tipo *thrust* têm sido reconhecidas (Fraga & Reis, 1995). Formada por rochas milonitizadas, a província é o resultado de deformação e retrabalhamento de litótipos das províncias Rio Negro, Tapajós - Parima e Transamazônica, ao qual foram submetidas rochas de idades variando de 2,20 Ga a 1,52 Ga (Santos *et al.*, 2000).

Idades geocronológicas K-Ar de 1.120 Ma nas vulcânicas do Grupo Surumu, em Roraima (Amaral, 1974) e nos charnoquitos Kanuku, na Guiana (Barron, 1966) têm sido interpretadas (Santos *et al.*, 2000) como a idade mínima da *shearing* K'Mudku (evento K'Mudku), a qual afetou diferentes litótipos. Como idade máxima de deformação atribuída ao evento K'Mudku são as idades registradas nos milonitos originados dos granitóides da Suíte Uaupés, na Província Rio Negro (1.520 Ma) e nos granitos rapakivi, tipo Mucajaí, em Roraima (1.544 Ma; Gaudette *et al.*, 1996).

#### 2.4.8 Província Sunsás

O termo Sunsás refere-se originalmente a um cinturão orogênico de trend NW, na Bolívia, de idade 1.000 Ma (Litherland *et al.*, 1989). Posteriormente, foi correlacionado com o Cinturão Aguapeí, no Brasil, passando a constituir uma só unidade geotectônica (Tassinari *et al.*, 1996), amplamente distribuída na região central, sul e sudoeste de Rondônia (extremo SW do Craton Amazônico), estendendo-se a NW para a Bolívia.

A unidade consiste em um expressivo cinturão de rochas metavulcanossedimentares, metamorfizada predominantemente na fácies anfibolítica (Suíte Metamórfica Nova Brasilândia, em Rondônia; Scandolara *et al.*, 1996). A idade de 980 Ma (Rb-Sr) em granitóides estaníferos levou a atribuir-se ao cinturão um desenvolvimento relacionado a Orogênese Grenville no Continente Laurentia (Priem *et al.*, 1971). Posteriormente, parte do extremo oeste do craton foi considerado como pertencente ao Continente Rodinia (Renne *et al.*, 1989; Dalziel, 1992), sendo atribuído, ao Cinturão Sunsás, um desenvolvimento relacionado à colisão entre o Continente Laurentia e o Craton Amazônico. A província interpretada como o resultado de processos colisionais consiste em uma sequência de supracrustais (Suíte Metamórfica Nova Brasilândia), gabros e doleritos e granitóides.

Estudos geocronológicos (Santos *et al.*, 2000) em zircões de metarrenitos da Suíte Metamórfica Nova Brasilândia indicaram idades que variaram de  $1.417 \pm 35$  Ma a  $1.122 \pm 12$  Ma. As idades máxima  $1.122 \pm 12$  Ma e mínima 1.100 Ma foram interpretadas como idades de sedimentação e metamorfismo, respectivamente. Estudos de idades-modelo (Sm-Nd) em rochas máficas (Nova Floresta e Siriquiqui magmatismos) revelaram idades de 1.180 Ma, 1.140 Ma e 1.060 Ma (Sato & Tassinari, 1997).

## 2.5 Províncias e depósitos auríferos no Craton Amazônico

O Craton Amazônico apresenta uma evolução tectono-geológica favorável à formação de depósitos de ouro, conforme pode ser visualizado na Tabela 2.3. Depósitos auríferos ocorrem em cinco das oito províncias geotectônicas do Craton.

Dados de geocronologia dos principais eventos geológicos das províncias auríferas no Craton Amazônico constam na Tabela 2.4. Entretanto, as informações sobre a Província Mineral do

**Tabela 2.3** Ambiente Geológico das Províncias e dos Principais Depósitos Auríferos no Craton Amazônico.

PROVÍNCIA	DEPÓSITOS AURÍFEROS	AMBIENTE GEOLÓGICO
<b>Carajás</b>	Cumarú, Andorinhas, Carajás, Serra Leste, Sapucaia, Salobro, Bahia, Alemão, Pojuca, Sossego, Águas Claras.	Terreno granito- <i>greenstone belt</i> . Crosta juvenil. (3,10-2,53 Ga)
<b>Transamazônica</b>	Aurizona (Maranhão), Ipitinga (Pará), Cassiporé (Amapá), Camp Cayman, Paul Isnard, Yaou, Dorlin (Guiana Francesa), Gross Rosebel (Suriname), Omai (Guiana), El Callao e Las Cristinas (Venezuela).	Terreno granito- <i>greenstone belt</i> . Crosta juvenil. (2,25-2,00 Ga)
<b>Tapajós-Parima</b>	Parima (168 pistas de garimpos), Tapajós (300 pistas de garimpos) e Alta Floresta (185 pistas de garimpos)*	Terreno acrescionário (arcos magmáticos) Crosta juvenil (2,10-1,87 Ga)
<b>Rondonia-Juruena</b>	Jaru, Serra Sem Calça, Arapapa, Jenipapo, Nova Brasilândia, Colorado e Rio Madeira (**)	Terreno acrescionário Crosta juvenil. (2,10-1,87 Ga)
<b>Rio Negro</b>	Serra da Onça, Traíra, Caparro (Brasil), Caranacoa, Maimachi e Cano Loco (Colômbia)	Reciclagem de crosta continental (1,86-1,52 Ga)

**Observação:** \* Para cada pista de pouso de garimpo corresponde uma área de garimpagem. \*\* Ouro aluvionar

Tapajós referem-se apenas aos dados disponíveis anteriormente ao PROMIN-TAPAJÓS. Os estudos geocronológicos realizados durante este projeto serão abordados posteriormente, em detalhes.

**Tabela 2.4** Dados Geocronológicos sobre as Províncias Auríferas no Craton Amazônico.

PROVÍNCIA	VULCANISMO	MAGMATISMO BÁSICO	PLUTONISMO	METAMORFISMO	MINERALIZAÇÃO DE OURO	SEDIMENTAÇÃO
<b>Carajás</b>	3.002 ± 14 Ma (x)	2.645 ± 12 Ma (z)	2.957 ± 19 Ma (b)	2.861 ± 12 Ma (e) 3.050 ± 11 Ma (v) 3.100 Ma (f)	2.850 ± 65 Ma (c)	
	2.960 ± 20 Ma (k)		2.870 Ma (e)			
	2.904 ± 29/-22 Ma (a)		2.874 ± 10 Ma (k)			
			2.876 ± 13/-11 Ma (b)			
	2.759 ± 2 Ma (d)		2.573 ± 2 Ma (d)	2.573 ± 2 Ma (d)		
	2.732 ± 3 Ma (d)		2.527 ± 34 Ma (d)			
			1.883 Ma (d) 1.880 Ma (d) 1.874 Ma (d)			
<b>Trans-amazônica</b>	2.120 ± 2 Ma (f)		2.120 Ma (g)	3.060-3.100 Ma (v)	2.150 Ma (g)	
	2.130 Ma (g)		2.094 Ma (f)			2.014 Ma (g)
			2.160 Ma (g)			2.001 ± 4 Ma (f) *
			2.000 Ma (l)			
<b>Tapajós</b>		1.807 ± 35 Ma (w)	1.964 Ma (m)			
			1.955 Ma (n)			
			1.870 ± 4 Ma (u)			
		1.611 ± 42 Ma (w)				
<b>Rondônia</b>	1.805 ± 11 Ma (h)		1.657 ± 16 Ma (h)		1.200-1100 Ma (i)	
	1.740 ± 8 Ma (h)		1.569 ± 18 Ma (h)			
	1.691 ± 73 Ma (h)		1.554 Ma (t)			
			1.429 ± 16 Ma (h)			
<b>Rio Negro</b>	1.496 ± 30 Ma (p)	1.607 ± 346 Ma (h)	1.859 ± 47 Ma (h)	1.650– 1.500 Ma (h)	1.200 Ma (h)	1.859 ± 47 Ma (h)
			1.847 ± 65 Ma (s)			
	1.293 ± 18 Ma (p)		1.834 ± 24 Ma (r)			1.834 ± 24 Ma (h)
	1.045 ± 19 Ma (p)		1.823 ± 15 Ma (s)			1.823 ± 15 Ma (h)
			1.793 ± 98 Ma (s)			1.810 ± 9 Ma (h)
			1.521 ± 32 Ma (o)			
			1.268 ± 23 Ma (m)			1.973 a 1.518 Ma (h)
			1.459 ± 32 Ma (q)			1.950 Ma (h)
			1.617 ± 90 Ma (s)			
			1.567 ± 25 Ma (s)			
			1.518 ± 25 Ma (h)			

**Referências:** (a) Macambira & Lancelot, 1992; (b) Macambira & Lancelot, 1991; (c) Mougeot et al., 1996; (d) Machado et al., 1991; (e) Dall'Agnol et al. 1998; (f) Norcross et al., 1998; (g) Milesi et al., 1995; (h) Santos et al., 2000; (i) Scandollara et al., 1996; (j) MacReath & Faraco, 1997; (k) Macambira & Lancelot, 1996; (l) Gibbs & Olszewski, 1982; (m) Tassinari, 1996; (n) Santos & Reis, 1982; (o) Almeida et al., 1997b; (p) Pinheiro et al., 1976; (q) Dall'Agnol & Macambira, 1992; (r) Tassinari et al., 1996; (s) Gaudette & Olszewski 1985; (t) Bettencourt et al., 1999; (u) Leal et al., (1976); (v) Sato & Tassinari, 1997; (x) Pidgeon et al., 1998; (z) Dias et al., 1996; (w) Pessoa et al., (1977); (y) Rodrigues et al., (1992).

**Observações:** (i) Para maiores informações sobre as datações consultar o texto; (ii) \* = Zona de alteração.