

## **5 – ASPECTOS ESTRUTURAIS DAS FORMAÇÕES BARÃO DO GUAICUÍ, BANDEIRINHA E GRUPO GUINDA**

### **5.1 – GENERALIDADES**

A Serra do Espinhaço Meridional apresenta uma organização e compartimentação estrutural complexa em virtude da superposição de eventos tectônicos ao longo da evolução dos terrenos que a constituem. Esta estruturação remete a pelo menos dois eventos principais (Transamazônico e Brasileiro), não se descartando a possibilidade de ter havido uma orogênese arqueana (Jequié/Rio das Velhas) e outra mesoproterozóica (Uruçuano), intermediária ao Transamazônico e Brasileiro.

A área estudada, com ênfase na Quadrícula Guinda, reflete a organização principal da serra, enquadrando-se no Setor Ocidental nos termos de Uhlein *et al.* (1986a). O segmento caracteriza-se pela ocorrência de blocos limitados por frentes de cavalgamento/cisalhamento com predomínio interno de dobras amplas e assimétricas com vergência para oeste. O arranjo estrutural indica transporte de massa de leste para oeste.

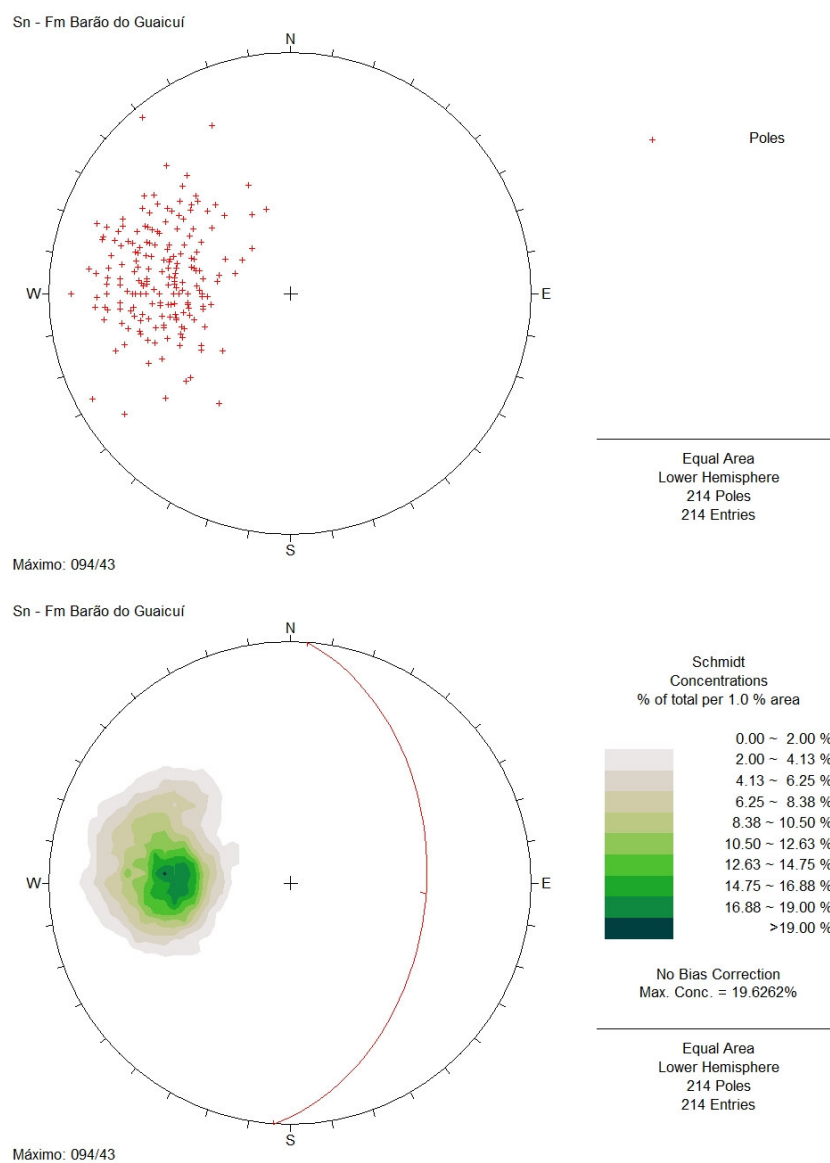
A geologia estrutural da Serra do Espinhaço Meridional encontra-se descrita no Capítulo 3 – Geologia Regional. Este capítulo tem por objetivo comparar quantitativamente as principais estruturas de meso-escala das formações Barão do Guaicuí, Bandeirinha e Grupo Guinda (atitudes do acamamento, foliação e lineações). Secundariamente serão tecidas considerações qualitativas a respeito das dobras e estruturas de micro-escala.

### **5.2 – FORMAÇÃO BARÃO DO GUAICUÍ**

A principal estrutura que se destaca na Formação Barão do Guaicuí é uma persistente foliação anastomosada de caráter milonítico ( $S_n$ ), mais pronunciada nas zonas de cavalgamento (*e.g.* Seção D). Tais cavalgamentos, algumas vezes associados a veios de quartzo de espessura métrica a decamétrica, são muito intensos a sul do Córrego Olaria (próximo à Seção F), onde promovem uma constante intercalação

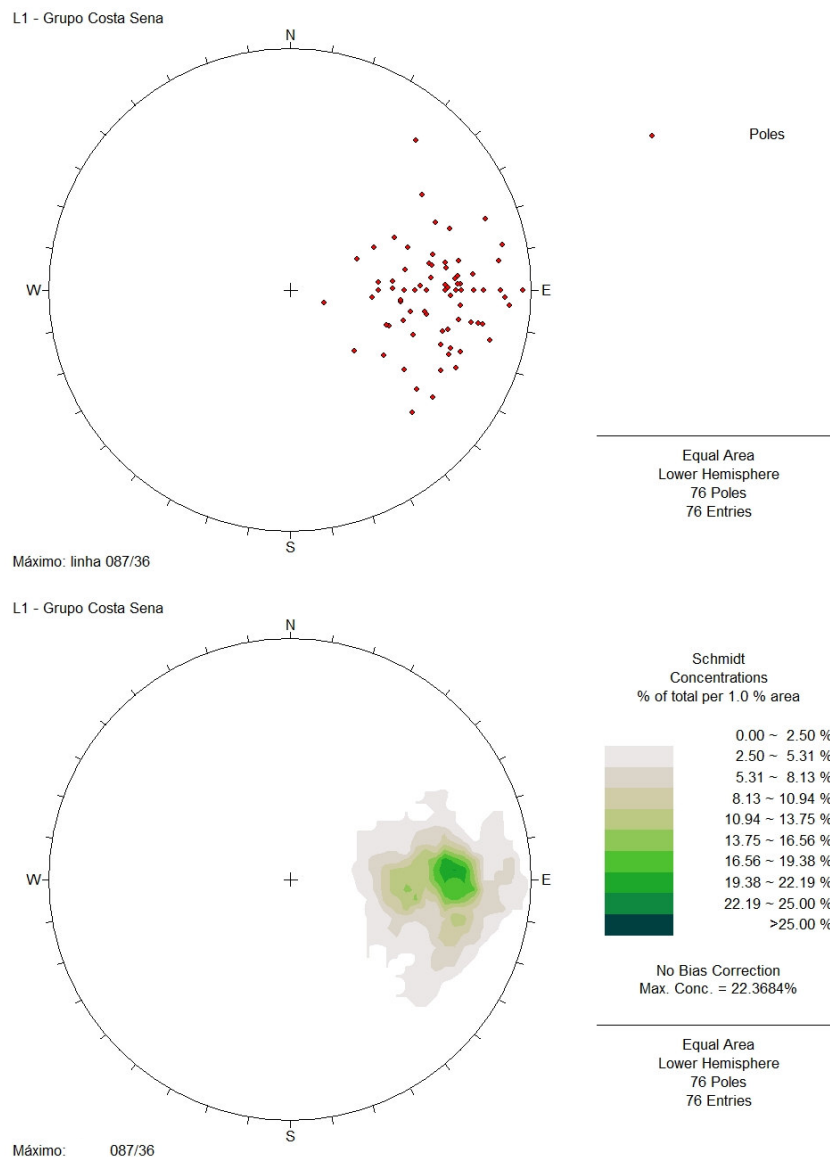
estratigráfica entre as formações Barão do Guaicuí e São João da Chapada – Nível B, com conseqüente espessamento das unidades.

Embora em geral a foliação apresente mergulho de médio ângulo para os quadrantes leste, podem ocorrer dobras amplas e abertas em escala decamétrica e dobras abertas a fechadas de escala centimétrica a métrica (*e.g.* região da Fazenda Casa de Telha, leste da Quadrícula Guinda, próximo à Seção G). Os dados obtidos em campo apontam para a estrutura um valor máximo de 094/43 (Figura 5.2.1).



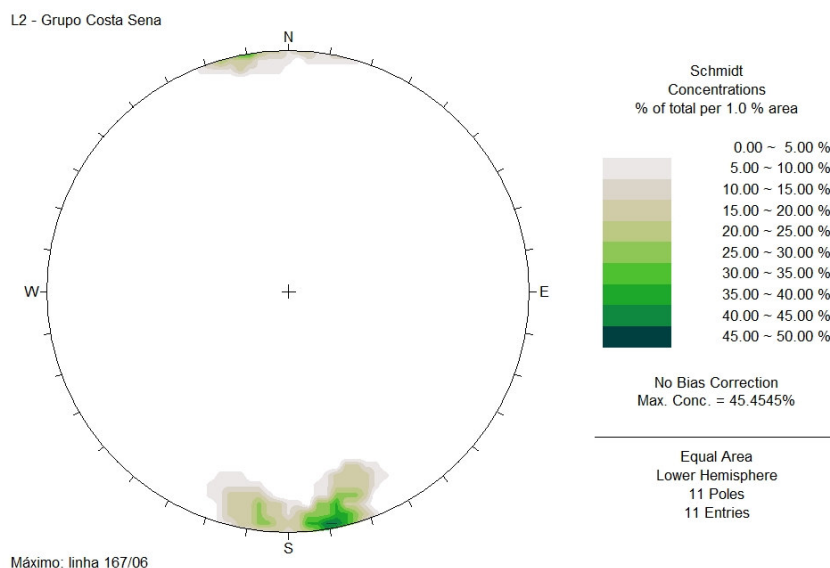
**Figura 5.2.1.** Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para a foliação ( $S_n$ ) da Formação Barão do Guaicuí.

Sobre os planos de foliação desenvolvem-se duas lineações verificadas ao longo de toda a faixa de afloramento da Formação Barão do Guaicuí. A primeira delas (L<sub>1</sub>) trata-se de lineação mineral nos xistos e quartzitos, lineação de estiramento em sericita, quartzo, cianita e hematita ou lineação de estiramento dos clastos de metaconglomerados de matriz xistosa, muito clara ao longo do leito do Córrego do Pasmarr (Seção A). O máximo obtido para a estrutura foi de 087/36 (Figura 5.2.2).



**Figura 5.2.2.** Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para a lineação de estiramento/mineral (L<sub>1</sub>) da Formação Barão do Guaicuí.

Uma segunda lineação ( $L_2$ ) se desenvolve como resultado da crenulação dos planos de foliação. A lineação de crenulação é grosseiramente perpendicular à lineação de estiramento/mineral, com máximo em torno de 167/06 (Figura 5.2.3).



**Figura 5.2.3.** Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para a lineação de crenulação ( $L_2$ ) da Formação Barão do Guaicuí.

A sul do Córrego Olaria ocorre uma variação local na relação entre os planos de foliação e a lineação  $L_1$ . A estrutura planar apresenta atitude atípica de 164/30, ao passo que  $L_1$  mantém direção constante (090/04). Esta variação atesta a modificação na geometria dos freqüentes cavalgamentos verificados na região, que passam de rampas frontais (situação predominante) para rampas laterais. A constância no sentido cinemático é fornecida pela atitude de  $L_1$ , que comprova que a estruturação local reflete as mesmas condições de deformação observadas nas outras porções da Quadrícula Guinda.

Superfícies de acamamento ( $S_0$ ) muito raramente podem ser observadas na Formação Barão do Guaicuí, fato que se deve tanto à composição da unidade quanto ao grau de deformação a ela imposto. Mesmo nos locais onde há variações litológicas importantes (e.g. Córrego do Pasmarr) o  $S_0$  encontra-se transposto pela foliação. Uma exceção é verificada no km 96 da BR 367, onde leitos de quartzito intercalados no

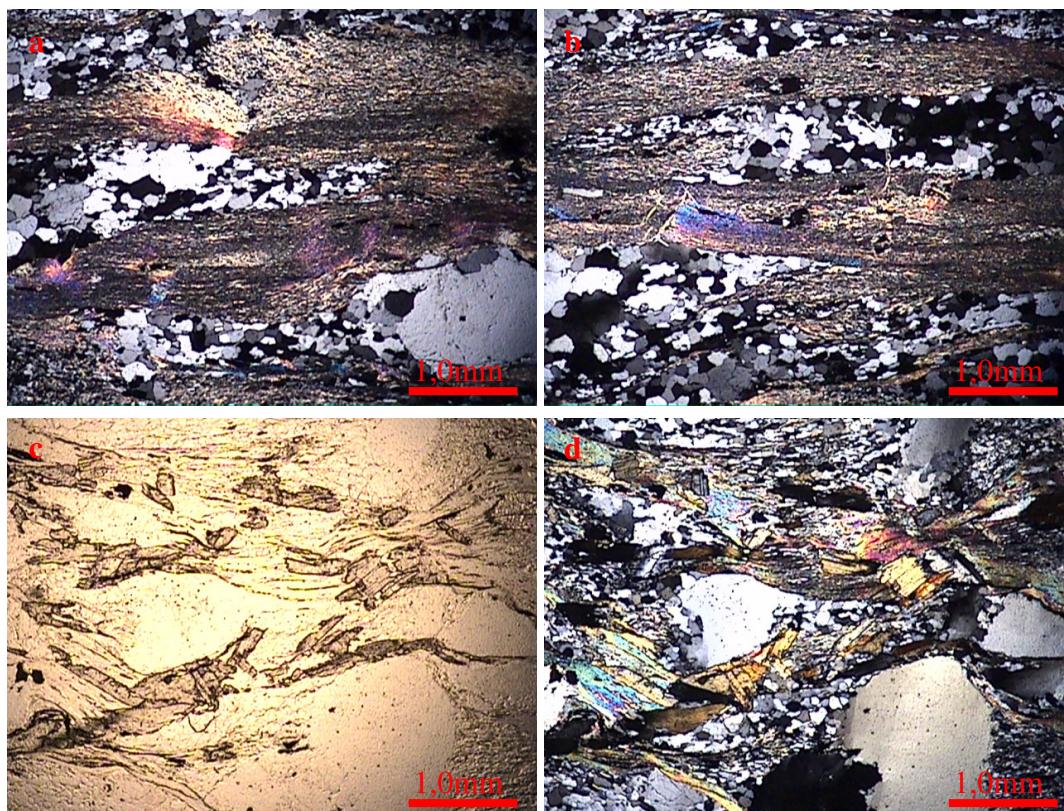
xisto permitem verificar o acamamento (sub-paralelo à foliação). Estes níveis podem encontrar-se ainda boudinados (Figura 5.2.4).



*Figura 5.2.4. Nível de quartzito boudinado da Formação Barão do Guaicuí. Concentração de quartzo no neck do boudin. Orientação da foto: W-E.*

Em lâmina petrográfica destaca-se o caráter milonítico dos xistos da Formação Barão do Guaicuí (Figura 5.2.5). A partição da deformação promove o desenvolvimento desde proto-milonitos até verdadeiros filonitos. Em geral as rochas são caracterizadas pela orientação de moscovita, quartzo fino (produto de recristalização) e localmente cianita, turmalina e hematita que envolvem aglomerados oclares de quartzo e/ou cianita (porfiroclastos). Os cristais grossos de quartzo, por vezes remanescentes de grãos sedimentares, encontram-se rotacionados e circundados por caudas adelgadas compostas por finos cristais de quartzo monocristalino e de contatos poligonais, estirados segundo o  $L_1$ . Sombras e franjas de pressão são comuns, estas últimas promovidas pela orientação de moscovita nas bordas de cristais de quartzo. Menos freqüentes são estruturas do tipo *micafish* e cristais de turmalina crescidos segundo o eixo da crenulação (paralelo a  $L_2$ ).





**Figura 5.2.5.** Fotomicrografias de quartzo-moscovita xisto milonítico da Formação Barão do Guaicuí. Em (a, b) destaca-se a foliação anastomosada dada pela orientação de moscovita e quartzo fino envolvendo ribbons de quartzo. Em (c, d), moscovita-cianita-quartzo xisto com foliação anastomosada circundando grãos sedimentares reliquiare, parcialmente recristalizados. Objetiva de 2,5x, luz natural (c) e polarizada (a, b, d).

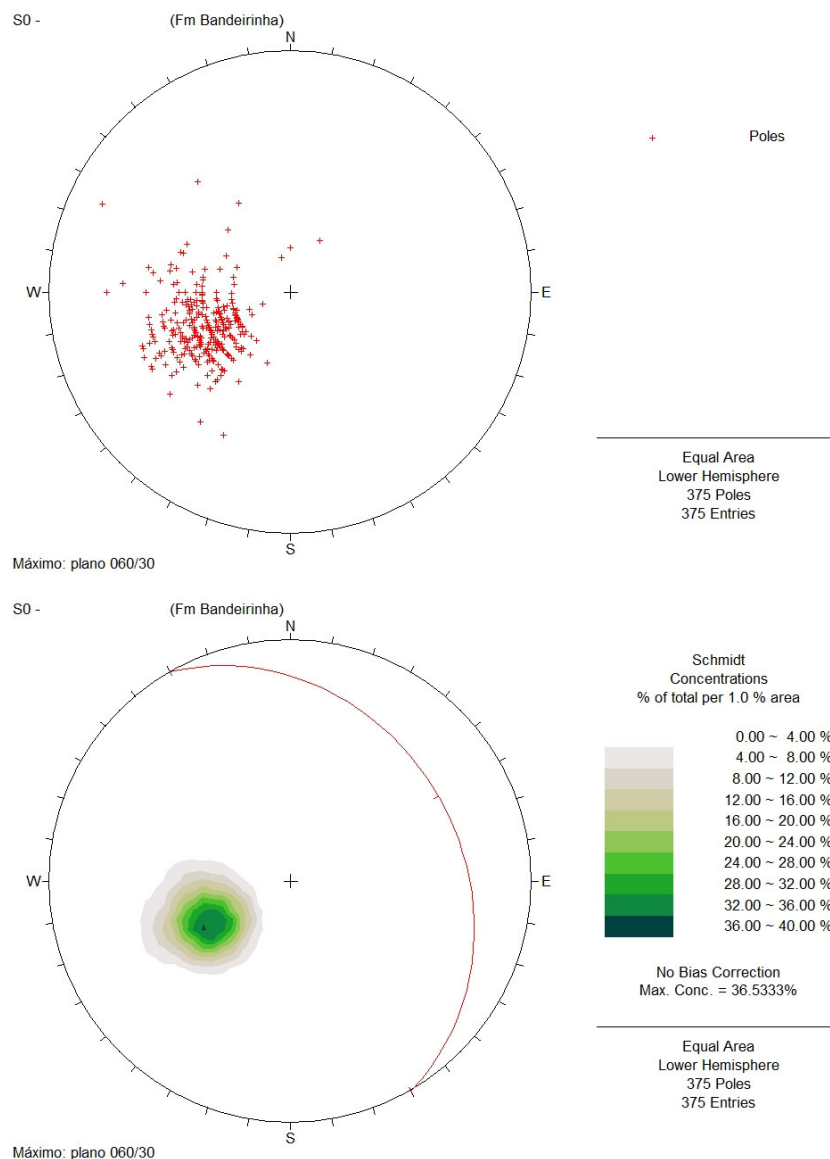
### 5.3 – FORMAÇÃO BANDEIRINHA

As faixas de afloramento da Formação Bandeirinha são caracterizadas pela existência de blocos hectométricos a quilométricos limitados por falhas de diferente natureza cinemática. Predominam falhas/zonas de cavalgamento, a exemplo da região do Ribeirão do Inferno, centro da Quadrícula Guinda (Seção C). Contudo, os afloramentos da formação podem ser ainda limitados por falhas normais (e.g. norte da Quadrícula Guinda, Seção E) ou falhas de movimento indeterminado.

Dobras expressivas não são comuns na unidade, principalmente quando comparada ao Grupo Guinda (no sentido de Knauer, 1990). Na Seção C ocorrem as principais dobras observadas, com eixo caindo para NW, embora geralmente predominem leves ondulações do acamamento. Na região da Seção E, próximo à estrada Guinda-Conselheiro Mata (MG 220), são descritas dobras isoclinais com flanco oeste invertido e vergência para SW (Schöll & Fogaça, 1981). Estas estruturas

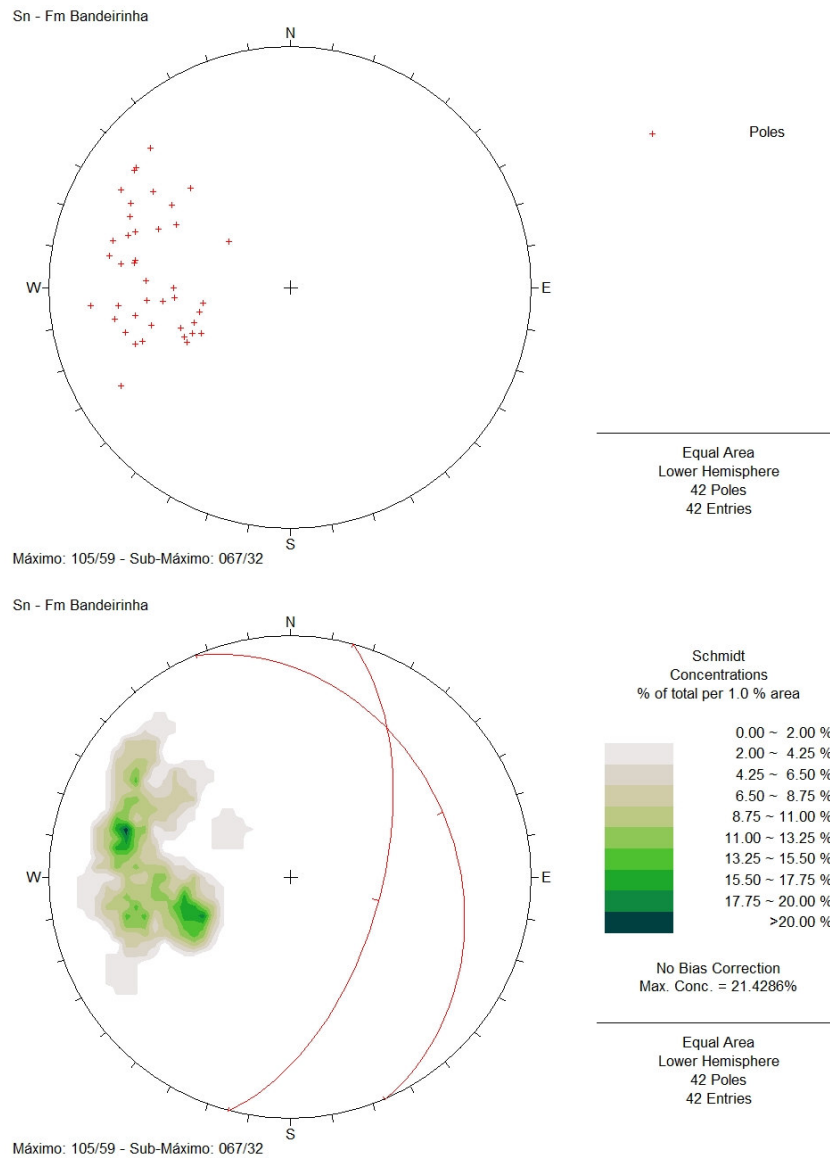
são de difícil visualização em campo devido à erosão das zonas de charneira e da atitude homoclinal do acamamento. Uma única dobra isoclinal métrica, rompida na região axial, foi verificada a norte da Seção E.

Em praticamente todos os afloramentos da Formação Bandeirinha têm destaque as superfícies de acamamento ( $S_0$ ) às quais se paraleliza uma “foliação”  $S_{n-1}$ , desenvolvida pela orientação de minerais micáceos. Esta estrutura apresenta máximo de 060/30 (Figura 5.3.1).



**Figura 5.3.1.** Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para o acamamento ( $S_0$ ) da Formação Bandeirinha.

O  $S_0$  encontra-se seccionado pela foliação  $S_n$ , que para a Formação Bandeirinha apresenta máximo de 105/59 e importante sub-máximo de 067/32 (Figura 5.3.2). A estrutura caracteriza-se pela concentração de minerais micáceos nos quartzitos e na matriz dos corpos de metarruditos, que envolvem clastos algumas vezes estirados.



**Figura 5.3.2.** Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para a foliação ( $S_n$ ) da Formação Bandeirinha.

Lineações presentes nos planos de foliação da Formação Bandeirinha são, em geral, de difícil aferição quando comparadas àquelas verificadas na Formação Barão do Guaicuí. A constatação reflete unicamente a composição das unidades, vez que a

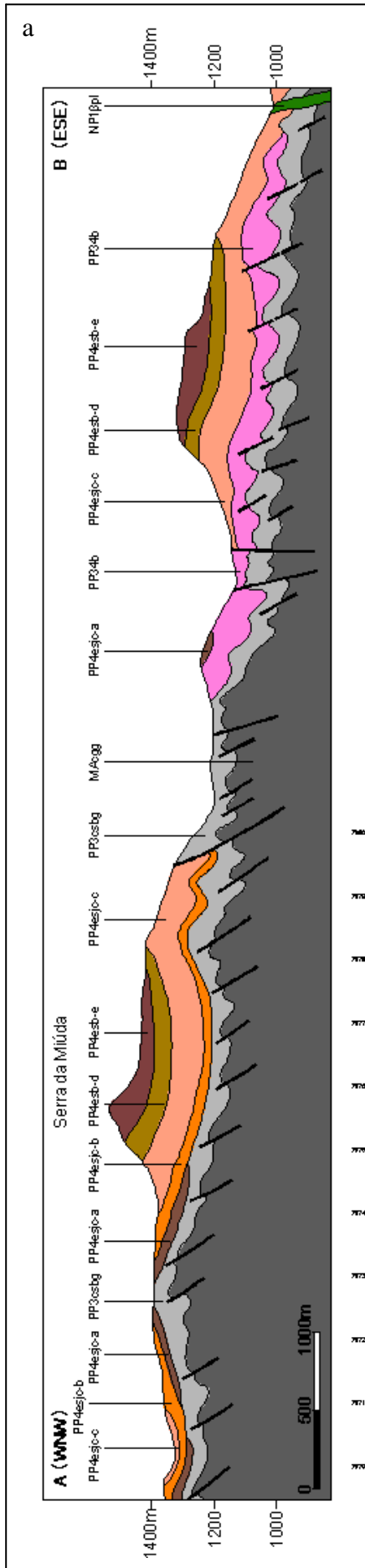


relativa escassez de minerais micáceos e aciculares na Formação Bandeirinha dificulta o desenvolvimento de lineações bem marcadas. Estas estruturas ( $L_1$  e  $L_2$ ), quando verificadas, mostraram atitude extremamente semelhante à da Formação Barão do Guaicuí, tendo sido tratadas em conjunto (compiladas, portanto, no Grupo Costa Sena segundo definição de Fogaça *et al.*, 1984 – figuras 5.2.2 e 5.2.3).

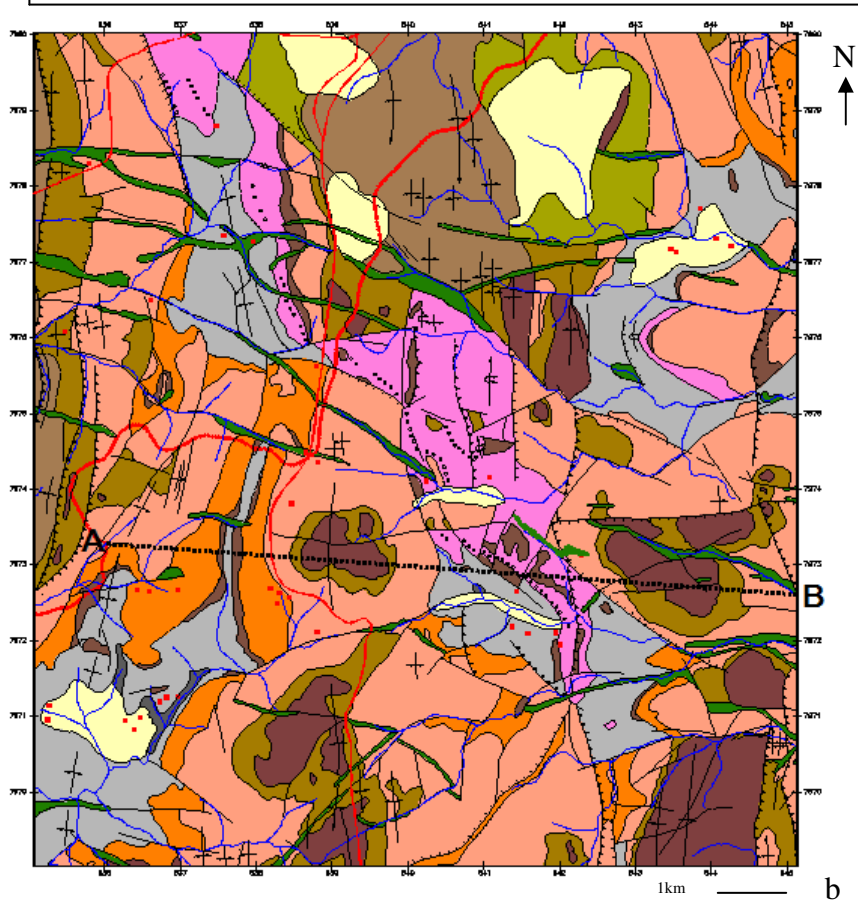
Em lâmina petrográfica os ortoquartzitos da formação mostram forte recristalização/silicificação da matriz. Nos quartzitos micáceos verifica-se orientação das palhetas de mica, tanto segundo o  $S_n$  quanto o  $S_{n-1}$ , sendo o último menos evidente e freqüente. O interior dos grãos sedimentares pode estar completamente recristalizado, mas raramente chega-se ao ponto de destruir a sua geometria primária. Critérios cinemáticos são muito raros para estas rochas, restringindo-se ao estiramento dos grãos. Exceção é feita aos xistos da unidade, onde a presença de sombras de pressão, caudas de recristalização e cristais rotacionados se equipara à Formação Barão do Guaicuí.

#### **5.4 – GRUPO GUINDA**

A estruturação do Grupo Guinda reflete a tectônica compressiva de leste para oeste, responsável pela nucleação de dobras amplas e abertas de eixo grosseiramente norte-sul com vergência para oeste. Estas estruturas, por vezes com porte de centenas de metros, estão bem representadas na Quadrícula Guinda, a exemplo do Sinclinal da Miúda, na serra homônima (Figura 5.4.1).

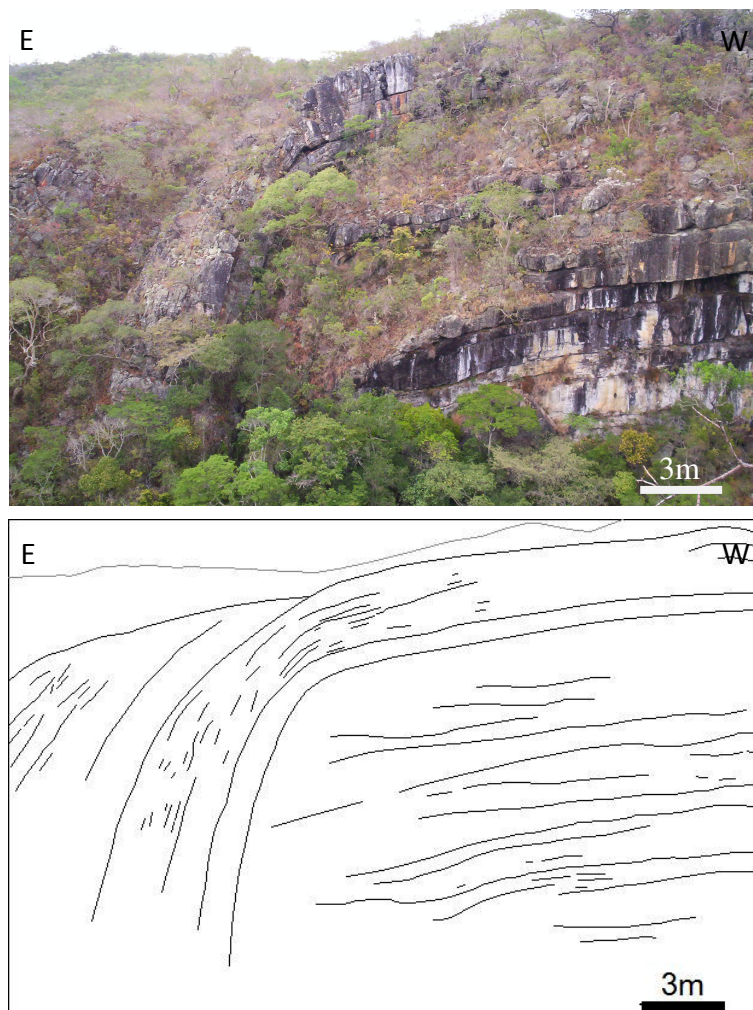


**Figura 5.4.1.** (a) Seção geológica através da porção central e leste da Quadrícula Guinda. Destaque para as dobras de primeira e segunda ordem e para os cavalgamentos com vergência para oeste. Interpretação de Schöll & Fogaça (1981). Legenda detalhada no mapa do Anexo 01 (modificado e simplificado em b). Em (c), fotografia da Serra da Miúda com visada para ESE.



Além das dobras, o Grupo Guinda é afetado por uma série de falhas de empurrão/zonas de cavalgamento que promovem o empilhamento de lascas em um exemplo de “tectônica de casca fina” (e.g. seções D e G). Estas estruturas ocorrem com frequência na Quadrícula Guinda, sendo responsáveis, por exemplo, pelo cavalgamento do Grupo Guinda por sobre a Formação Galho do Miguel no setor oeste da quadrícula.

Um exemplo da tectônica que afetou a unidade é verificado na região de Gouveia, no cânion do Córrego do Tanque, entre a BR 367 e o Morro do Juá (Figura 5.4.2). No local afloram quartzitos do Nível C da Formação São João da Chapada dispendo-se em um duplex extremamente preservado (algo relativamente raro na região). O afloramento, com cerca de 200x50m, foi detalhado por Campanha *et al.* (2007) e caracteriza sobremaneira a geometria de rampas e patamares desse tipo de estrutura. De acordo com Campanha *et al.* (*op. cit.*), o duplex sugere condições de deformação dúctil-rúpteis, com movimento no sentido oeste.



**Figura 5.4.2.** Duplex em quartzitos da Formação São João da Chapada – Nível C. Cânion do Córrego do Tanque.

Embora ocorram dobras em diferentes escalas com eixos de caimento para sul e norte, os planos de acamamento ( $S_0$ ), paralelos à “foliação” diagenética ( $S_{n-1}$ ), apresentam máximo consistente em torno de 105/24 (Figura 5.4.3). A foliação regional ( $S_n$ ) mostra máximo de 094/43 (Figura 5.4.4), e a esta estrutura se sobrepõem localmente uma clivagem ardosiana de alto ângulo ( $S_{n+1}$ ), plano-axial às dobras maiores, e uma clivagem de fratura ( $S_{n+2}$ ) de direção W-E. Esta última provavelmente corresponde a fraturas do tipo a-c, sendo muito evidente ao longo da Serra da Matriculada (Zona Anticlinal Matriculada – Palmital), Quadrícula Gouveia.

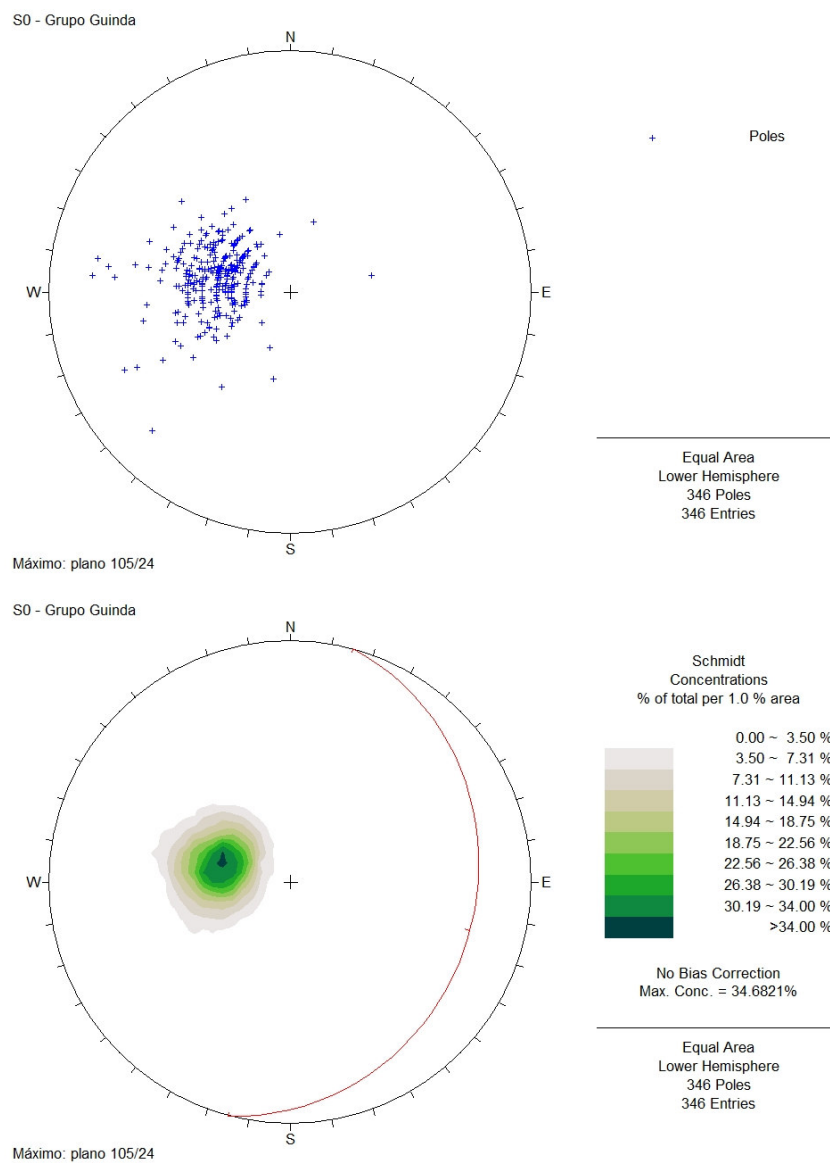
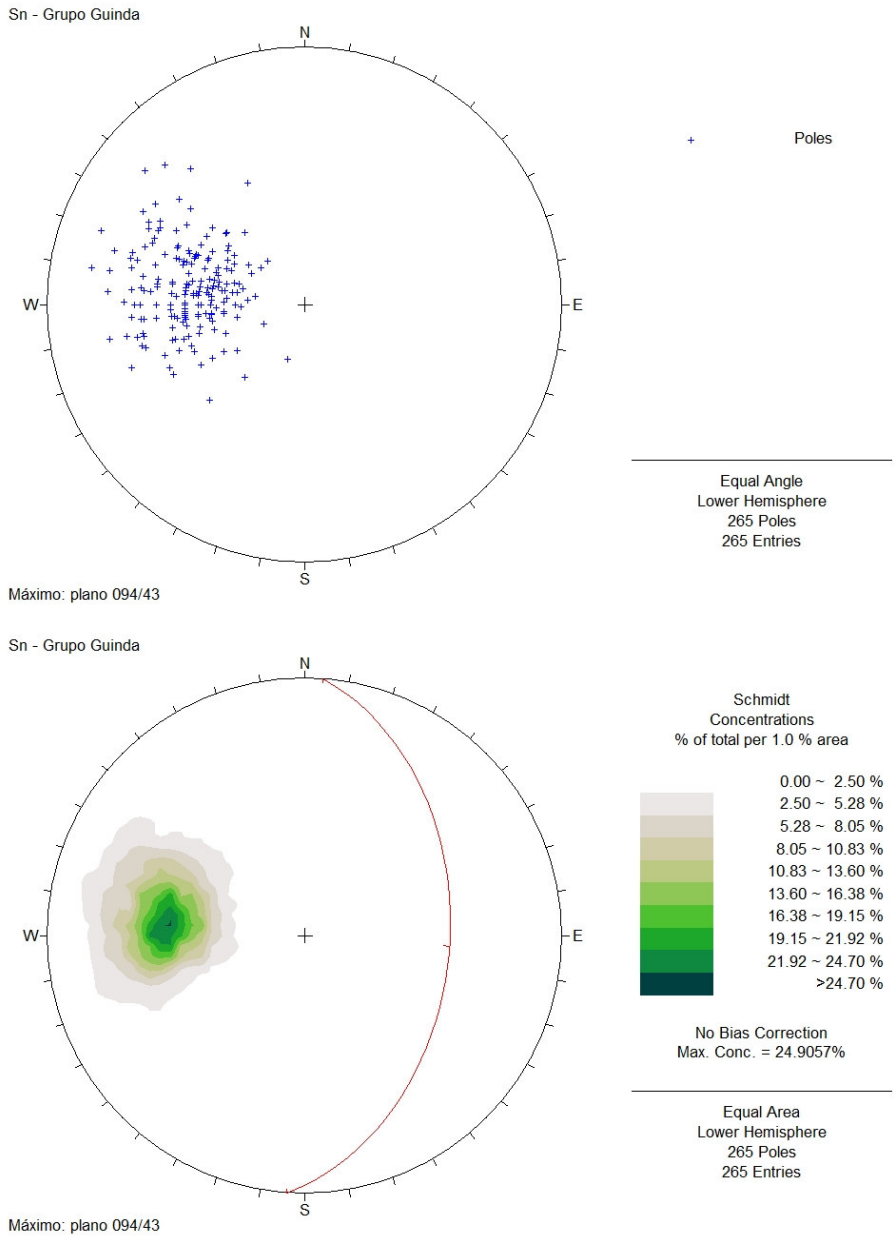


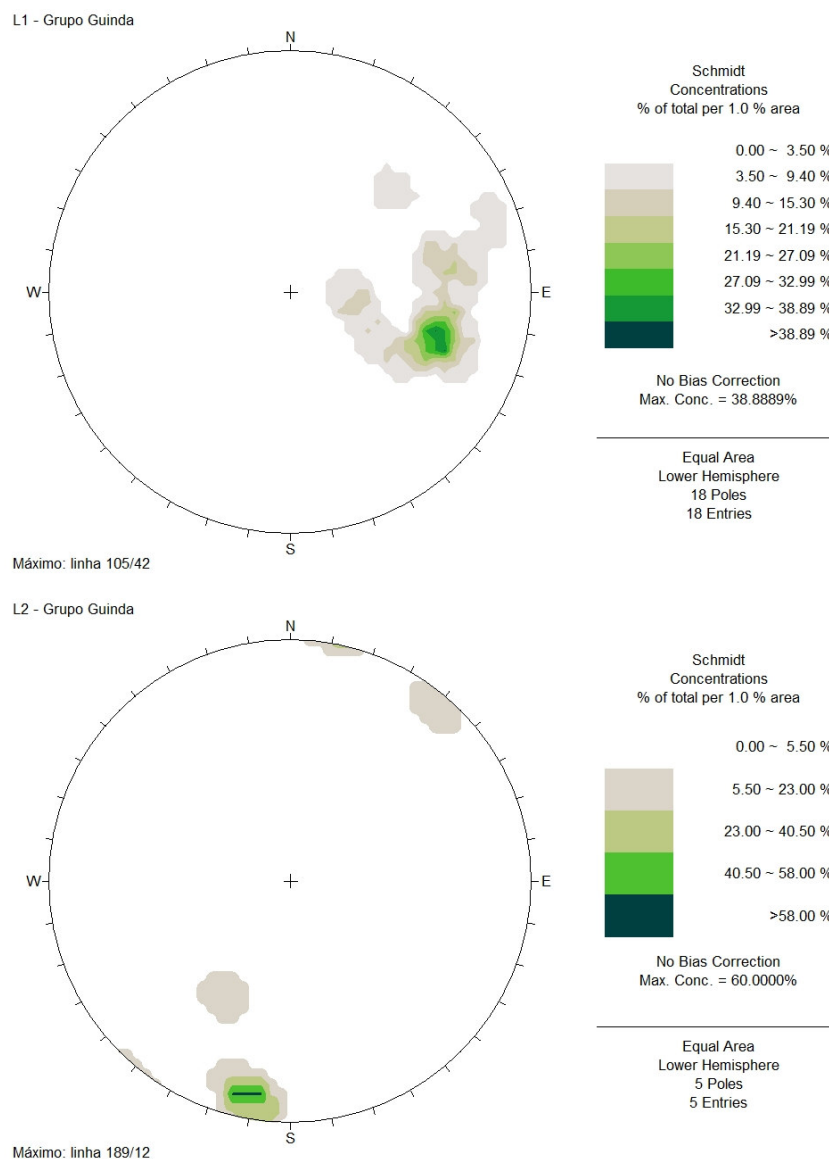
Figura 5.4.3. Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para o acamamento ( $S_0$ ) do Grupo Guinda.



*Figura 5.4.4. Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para a foliação ( $S_n$ ) do Grupo Guinda.*



Nos planos de foliação, a exemplo do que é verificado para as formações Barão do Guaicuí e Bandeirinha, ocorrem duas lineações principais, a primeira de estiramento/mineral ( $L_1$ ), e a segunda de crenulação ( $L_2$ ).  $L_2$  é relativamente rara nos quartzitos, sendo mais freqüente nos níveis filíticos (B e D) e nos locais onde  $S_{n+1}$  é mais proeminente.  $L_1$  apresenta máximo de 105/42 para o Grupo Guinda, sendo 189/12 o valor obtido para  $L_2$  (Figura 5.4.5).



**Figura 5.4.5.** Diagramas estereográficos (Rede de Schmidt) para as lineações  $L_1$  (a) e  $L_2$  (b) do Grupo Guinda.

Afora as estruturas descritas, ocorrem ainda *boudins*, *rods* e *mullions* em afloramentos isolados.

Em lâmina petrográfica os quartzitos das formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho evidenciam, via de regra, maior recristalização que aqueles da Formação Bandeirinha. A trama original da rocha pode estar completamente obliterada, dando lugar a cristais de quartzo monocristalino que se dispõem em mosaico. Os litotipos mais impuros apresentam planos de mica orientada. Critérios cinemáticos podem ocorrer principalmente nos filitos, a exemplo de cristais de magnetita/martita rotacionados em filito hematítico do Nível B. Sombras de pressão e caudas de recristalização ocorrem em faixas milonitizadas, freqüentes principalmente nas zonas de cavalgamento que cortam o grupo.

## 5.5 – RELAÇÃO ESTRUTURAL ENTRE AS UNIDADES

Uma comparação inicial entre o acervo estrutural existente nas formações Barão do Guaicuí, Bandeirinha e Grupo Guinda deixa claro que as estruturas refletem, em todo o conjunto, uma tectônica atuante no sentido leste-oeste (Tabela 5.5.1). Entretanto, as unidades apresentam peculiaridades na atitude destas estruturas, podendo ter sofrido histórias deformacionais parcialmente distintas.

**Tabela 5.5.1.** Síntese das atitudes das estruturas medidas nas formações Barão do Guaicuí e Bandeirinha e Grupo Guinda. As lineações das formações Barão do Guaicuí e Bandeirinha foram agrupadas sob a designação de Grupo Costa Sena indiviso.

Estrutura	Fm. Barão do Guaicuí	Fm. Bandeirinha	Grupo Costa Sena Indiviso	Grupo Guinda Indiviso
S <sub>0</sub>	-	060/30	-	105/24
S <sub>n</sub>	094/43	105/59; 067/32	-	094/43
L <sub>1</sub>	-	-	087/36	105/42
L <sub>2</sub>	-	-	167/06	189/12

As medidas do acamamento (S<sub>0</sub>//S<sub>n-1</sub>) reforçam a existência de discordância angular entre as formações Bandeirinha e o Grupo Guinda ao longo de toda a Quadrícula Guinda e adjacências. Enquanto a primeira apresenta máximo com mergulho para NE (060/30), a segunda mergulha para SE (105/24). Esta divergência na orientação do acamamento é um aspecto que reforça (porém não define) uma idade mais antiga para a Formação Bandeirinha. Se por um lado a diferença pode

refletir uma deformação da Formação Bandeirinha anterior à deposição do Grupo Guinda, por outro pode ter sido gerada simplesmente pelo basculamento de camadas durante a evolução da bacia.

Uma segunda disparidade entre as duas formações é a atitude das dobras. Nos domínios da Quadrícula Guinda a Formação Bandeirinha apresenta dobras com eixo de caimento para NW, ao passo que no Grupo Guinda as estruturas caem para norte ou sul. Novamente o fato não é suficiente para separar as duas unidades em contextos distintos. Camadas com atitudes diferentes geram estruturas também distintas quando sujeitas a uma mesma deformação.

Um terceiro ponto a se destacar é o estilo das dobras. Nas formações Barão do Guaicuí e Bandeirinha predominam dobras fechadas a isoclinais, por vezes recumbentes (Schöll & Fogaça, 1981), contrastando com o que se verifica para o Grupo Guinda na mesma região (principalmente dobras amplas e abertas). Esta diferença de estilo estrutural não pode ser explicada com base em fatores primários (*e.g.* orientação original dos planos). Uma vez que a Formação Bandeirinha e o Grupo Guinda possuem litotipos de composição semelhante (e que devem se comportar de maneira similar diante de um evento compressivo), uma deformação mais antiga pode justificar a orientação diferenciada daquela formação. As dobras poderiam ter sido nucleadas durante um evento pré-Brasiliano ou pré-Uruaçuano (*e.g.* Evento Transamazônico), tendo sido comprimidas e parcialmente reorientadas durante o Uruaçuano e/ou Brasileiro.

Ainda no que se refere às dobras, a foliação dos xistos da Formação Barão do Guaicuí pode apresentar variações importantes no ângulo de mergulho ao longo de intervalos de centenas de metros. Estas variações são notáveis na região da Fazenda Casa de Telha (próximo à Seção G) e a leste da localidade de Barão do Guaicuí (SW da Quadrícula Guinda). O fato pode indicar a existência de dobras de escala hectométrica afetando a foliação do xisto, conforme aventado por Schöll & Fogaça (1981), os quais atribuem estas dobras ao mesmo sistema de deformação do Grupo Guinda. Em suma, a foliação do xisto seria pré-Espinhaço, tendo sido posteriormente reorientada. A variação na atitude da foliação pode ainda ser decorrente da existência de anteparos mecânicos atuantes durante a deformação.

A atitude da foliação da Formação Barão do Guaicuí apresenta máximo de 094/43, rigorosamente igual àquela verificada para o Grupo Guinda. Para a Formação Bandeirinha obtiveram-se um máximo e um sub-máximo com valores de 105/59 e

067/32, respectivamente. Com base nestes dados, algumas considerações podem ser tecidas:

- a. É provável que a foliação dos xistos da Formação Barão do Guaicuí tenha sido gerada durante o Evento Transamazônico e reorientada durante o Uruaçuano e/ou Brasileiro, paralelizando-se à foliação do Grupo Guinda, gerada neste(s) último(s) evento(s);
- b. A discrepância entre os máximos da foliação da Formação Bandeirinha e das demais unidades pode ser explicada pela combinação entre dois fatores: deformação polifásica e reologia. Se considerado que a Formação Bandeirinha pertence ao Grupo Costa Sena, assume-se que esta foi deformada em conjunto com a Formação Barão do Guaicuí durante o Evento Transamazônico. Entretanto, a foliação não foi paralelizada durante o(s) evento(s) posterior(es) - Uruaçuano e/ou Brasileiro - devido às características reológicas da unidade. Os quartzitos e metarruditos que a compõem apresentam comportamento muito menos plástico que as rochas da Formação Barão do Guaicuí frente à deformação, conservando parcialmente as estruturas pretéritas. Como resultado, obtém-se uma discordância entre a foliação da Formação Bandeirinha e das demais unidades.

A atitude das lineações  $L_1$  e  $L_2$  pouco diverge entre as formações Barão do Guaicuí, Bandeirinha e Grupo Guinda. As maiores diferenças são observadas para  $L_1$ , com máximo de 087/36 para as duas primeiras e 105/42 para o grupo. As diferenças devem-se, pelo menos em parte, à menor densidade de medidas obtidas para o Grupo Guinda, face à relativa escassez de rochas metapelíticas na área em estudo. É possível que ambas as lineações tenham sido geradas durante o Evento Uruaçuano e/ou Brasileiro, obliterando através do metamorfismo regional estruturas lineares anteriormente existentes nos planos de foliação da Formação Barão do Guaicuí e da Formação Bandeirinha, se considerada topo do Grupo Costa Sena.

As atitudes e estilos das estruturas preservadas nas unidades indicam fortemente que a Formação Bandeirinha tenha sido deformada segundo um modelo polifásico, provavelmente a partir do Evento Transamazônico.