# 3

# RECONHECIMENTO GEOQUÍMICO

No desenvolvimento dos trabalhos de campo foi realizado, simultaneamente ao mapeamento geológico, um levantamento geoquímico em escala regional, através de sedimentos de corrente e solos, além de uma pesquisa mineralógica para ouro e estanho, principalmente através de amostragem de concentrados de bateia.

Os sedimentos de corrente foram programados de modo que os pontos de coleta cobrissem regularmente as grandes unidades geológicas ocorrentes na área.

A programação da amostragem de solos foi conduzida de modo a que as seções escolhidas fossem representativas de solos residuais dentro da seqüência metavulcano-sedimentar (Suíte Metamórfica Três Palmeiras) principalmente, e nas zonas de contato dessa unidade com as demais. Não foi obedecido um rígido controle de distanciamento entre os pontos de coleta em cada seção, estimando-se, no entanto, em 100m o espaçamento médio entre dois pontos contíguos amostrados.

O estudo da distribuição dos minerais pesados não teve uma programação de pontos de coleta preestabelecido. Foi dada ênfase às drenagens que percorriam os granitos mapeados (Suíte Metamórfica Xingu – Granito João Jorge) visando, principalmente, à mineralogia de estanho. Nas drenagens que percorriam a seqüência metavulcano-sedimentar definida para a área (Três Palmeiras), também foi efetuada concentração manual de minerais pesados com vistas a levantamento para ouro.

## 3.1 Metodologia e Critérios Interpretativos

A amostragem geoquímica de noventa e cinco sedimentos de corrente foi efetuada sempre nas calhas dos cursos d'água, de modo a representar o mais fielmente possível a bacia de captação a ela relacionada. A coleta de cem amostras de solo foi desenvolvida sobre a Suíte Metamórfica Três Palmeiras, em seções preestabelecidas, visando a uma melhor definição das características litológicas da unidade considerada, em princípio, como do tipo *greenstone belt.* As amostras foram coletadas no topo do horizonte E, a zona de melhor enriquecimento supergênico em elementos-traço, com o cuidado de, sempre, coletar solos de caráter autóctono.

Os concentrados de bateia foram coletados segundo dois princípios básicos: foram locados com atenção especial para estanho, ao longo dos cursos d'água que percorriam os granitos mapeados (Suíte Metamórfica Xingu – Granito João Jorge), e visando à mineralogia de ouro, ao longo das drena-

gens que atravessavam a Suíte Metamórfica Três Palmeiras. No total, foram coletados cento e oitenta e seis concentrados, a partir de um volume inicial de vinte litros de material, retirado da zona de drenagem mais favorável à concentração natural de minerais pesados.

As amostras de sedimentos de corrente e solo foram submetidas à análise serniquantitativa por espectrografia de emissão padrão para 30 elementos (Fe, Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn e Zr). Nas amostras de solo foram efetuadas, ainda, determinações através espectrofotometria de absorção atômica para Cu, Pb, Zn, Co e Ni (abertura com $HNO_3$ a quente) e, por colorimetria, para tungstênio.

Nos concentrados de bateia foi efetuada, em todas as amostras, a determinação quantitativa do ouro livre, por amalgamação. Em algumas amostras selecionadas foi efetuada determinação mineralógica semiquantitativa, com ênfase à mineralogia de estanho.

Os resultados das análises geoquímicas são apresentados dentro dos padrões normais da CPRM, com valores definidos e valores qualificados. Os primeiros apresentam teores dentro dos limites de detecção do método analítico e os qualificados representam teores que ou não podem ser plenamente confiáveis ou estão fora do limite de detecção dos métodos, correspondendo a teores não-detectados (N), abaixo do limite de detecção (L), acima do limite de detecção (L) e determinações com interferência (H).

Na pesquisa mineralógica os resultados analíticos dos concentrados de bateia, apresentados na análise quantitativa para ouro, representam a quantidade de ouro livre, determinada em peso, na amostra (mg). Na determinação mineralógica semiquantitativa, os resultados foram fornecidos através dos percentuais em que cada mineral compõe a amostra.

Uma vez geradas as informações foi, então, esquematizado um sistema de padronização e homogeneização dos dados, a fim de permitir a aplicação de técnicas estatísticas e critérios de interpretação de modo simplificado e uniforme.

Foram submetidas a tratamento estatístico eletrônico apenas as populações com mais de 50% de teores definidos. Aquelas que não atenderam ao critério estabelecido, embora não se tendo calculado seus estimadores estatísticos, têm os resultados comentados, sempre que significativos. Somente foram submetidas a processamento eletrônico-estatístico as matrizes com mais de dez indivíduos. Quando essa condição não foi aceita, o tratamento se baseou na análise visual dos dados.

A distribuição dos elementos é considerada lognormal (Ahrens, 1954), o tipo de distribuição esperada para os elementos-traço nos ambientes geoquímicos. A interpretação geoquímico-estatística dos grupos populacionais definidos foi baseada, essencialmente, nos parâmetros média geométrica, desvio-padrão (geométrico) e histogramas. Na determinação dos limiares (*threshold*), foi definido como anomalia possível (ou de 2º ordem) todo teor igual ou acima do produto da média geométrica vezes o quadrado do desvio geométrico; como anomalia provável (ou de 1ª ordem), foram definidos teores iguais ou acima do produto da média pelo cubo do desvio-padrão. Para os cálculos estatísticos foi necessária a transformação das matrizes criadas, eliminando-se os qualificadores G (maior que o limite de sensibilidade), L (abaixo do limite) e N (não-detectado), por meio do artifício de subida de um intervalo (G), decréscimo de um intervalo (L) ou dois intervalos (N) na escala hexa-intervalar de resultados de espectrografia de emissão. Para as amostras analisadas por absorção atômica e colorimetria, a eliminação dos qualificadores foi efetivada pela multiplicação dos teores-limites pelos fatores 1,5 (G), 0,5 (L) e 0,25 (N).

Foram geradas matrizes representativas das grandes unidades litológicas ou estratigráficas e das subpopulações em que cada uma dessas unidades era dividida para amostras de sedimentos. Concernente aos solos, foram geradas quatorze matrizes, correspondentes às seções pedogeoquímicas de A a O, respectivamente, e uma matriz englobando todas as seções em uma única população.

### 3.2 Sedimentos de Corrente

#### 3.2.1 Suíte Metamórfica Três Palmeiras

Embora subdividida em duas unidades litológicas – Anfibolito Itatá e Micaxisto Bacajá – os nove indivíduos da população são provenientes, todos, da primeira unidade. Não foi possível o tratamento estatístico multivariado da matriz criada, em face do número de elementos da população não o permitir.

Uma análise visual dos resultados analíticos não evidencia, de imediato, teores isolados ou associados que ressaltem maior importância à área. As concentrações dos elementos refletem mais o substrato litológico amostrado. Os teores estão dentro do *range* normal para as litologias de com-

posição predominantemente básica, como é o caso. Apenas um teor um pouco mais enriquecido se ressalta, na amostra VR-143, com 10ppm Sn, localizada no extremo-SE da folha, em uma drenagem de 3ª ordem na bacia do rio Anapu. A concentração do elemento é considerado valor isolado dentro da unidade, por motivos especiais, que serão adiante detalhados, quando o estanho for citado durante o tratamento da Suíte Metamórfica Xingu.

### 3.2.2 Suíte Metamórfica Xingu

A unidade cobre a maior parte dos terrenos trabalhados. Foram geradas quatro matrizes: da população total e três subpopulações equivalentes aos litótipos dominantes – Granodiorito Anapu, Granodiorito Oca e Granito João Jorge. Contudo, foi realizado um tratamento estatístico somente na matriz correspondente à população total, formada por noventa e cinco amostras (tabela 3.1).

O elemento vanádio tem ampla distribuição anômala sobre a área. Outros elementos ocorrem em teores anômalos isolados, distribuídos de modo esporádico, podendo serem citados, primeiramente, B, Cr e Sr; menos freqüentemente, La, Y, Pb e Ni; e, também, pontualmente, Ca e Mn.

Ainda podem ser relacionadas as associações geoquímicas das amostras AV-24, AV-59 e VR-117, dispersas e sem relação espacial entre si, porém todas em terrenos mapeados como do Granodiorito Anapu. A primeira, localizada na porção S-SE da Folha Altamira, em um pequeno curso d'água, afluente do rio Bacajá na margem direita, ressalta a associação geoquímica B-Cr-Ni-V em teores, respectivamente, de 15-50-70-200ppm; na amostra AV-59, na porção centro-norte da folha, a NE da BR-230, próximo a uma estrada secundária, ocorrem teores anômalos associados de Mg (2%) - Ca (2%) - Co (50ppm) - Cr (200ppm) - Ni (70ppm) - Sr (500ppm) - V (100ppm). Na amostra VR-117 foi definida uma associação anômala de Mg (0,7%) - Mn (2.000ppm) - Co (100ppm) - Cr(150ppm) - Cu (100ppm) - Ni (200ppm) - Sc (30ppm) - V (300ppm) - Y (170ppm). Essa estação fica próxima a uma estrada vicinal a NE da Transamazônica, nas cabeceiras de uma pequena drenagem, pela margem esquerda do rio Anapu.

Do exposto, até o momento, e quando se considera a composição litológica da unidade Granodiorito Anapu (granodioritos, granitos, quartzo dioritos, gnaisses de composição variada e *augen* gnaisses), quer parecer que os teores anômalos, tanto associados como dispersos, estão refletindo a composição do substrato de onde provêm, evidenciando apenas variações de fácies mais graníticas ou mais básicas.

Como maior destaque aparece o estanho, que apresenta concentrações, embora não discrepantemente anômalas, porém mais elevadas, em quatro amostras (teores de 10 e 15ppm – amostras AV-13, JL-29, JL-71 e VR-121).

As amostras AV-13 e JL-71 foram coletadas na porção S-S W da folha, dentro de um mesmo corpo de granito da unidade João Jorge; a primeira, no alto curso do rio Ituna e a outra, na margem direita do igarapé da Arraia. A amostra JL-29 está localizada no médio curso do rio Itatá, em drenagem que corta um outro corpo de granito, próximo à zona de contato dessa unidade com o Granodiorito Anapu, na faixa de ocorrência deste último. Finalmente, a anomalia do ponto VR-121 fica a NE da Rodovia Transamazônica, em um afluente pela margem esquerda do rio Anapu.

Considerando a pouca ou nenhuma solubilidade do elemento Sn, sua dispersão eminentemente clástica e sua propriedade de elemento auto-indicador, pode-se referir as anomalias relacionadas como indicativas de trabalhos prioritários em maior nível de detalhe. Dados adicionais analíticos e/ou geoquímicos de outros elementos que poderiam reforçar a indicação não puderam ser obtidos, ou por não terem sido analisados ou em face da baixa sensibilidade do método analítico empregado (espectrografia de emissão), que não permitiu determiná-los dentro do *clarke* em que ocorrem no ambiente supergênico.

### 3.2.3 Formação Alter do Chão

Cinco amostras na população. Na análise visual dos dados analíticos observa-se que os teores determinados dizem respeito a concentrações para áreas sedimentares sem enriquecimento supergênico de qualquer elemento.

## 3.3 Solo

A população é composta de cem amostras, coletadas ao longo de quatorze seções pedogeoquímicas sobre terrenos da Suíte Metamórfica Três Palmeiras. Aplicando programas de estatística multivariada foi montada a tabela 3.2, com os estimadores da população.

*Tabela 3.1 – Estimadores da população.*

Material : Sedimento de Corrente

| População | Elemento | Grau de Detecção | Método Analítico | Dist. Suposta Lognormal | Valor Mínimo | Valor Máximo | Média | Desvio Geométrico | Coeficiente de Variação | Limiar de Anomalia Possível | Limiar de Anomalia Provável |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SUÍTE METAMÓRFICA XINGU – GERAL | Fe (%) | 95:95 | S | A | 0,5 | 10 | 2 | 1,929 | 0,735 | 11 | 21 |
| | Mg (%) | 89:95 | S | A | 0,02 | 2 | 0,06 | 2,277 | 0,984 | 0,3 | 0,7 |
| | Ca (%) | 67:95 | S | R | 0,05 | 2 | 0,08 | 2,880 | 1,436 | 0,6 | 1,8 |
| | Ti (%) | 24:95 | S | – | 0,5 | 1 | – | – | – | – | – |
| | Mn | 95:95 | S | A | 150 | 2.000 | 431 | 1,865 | 0,689 | 1.500 | 2.796 |
| | Ag | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | As | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Au | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | B | 18:95 | S | – | 10 | 30 | – | – | – | – | – |
| | Ba | 95:95 | S | A | 100 | 1.000 | 340 | 1,672 | 0,550 | 950 | 1.589 |
| | Be | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Bi | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Cd | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Co | 86:95 | S | A | 5 | 100 | 9 | 2,023 | 0,801 | 37 | 74 |
| | Cr | 95:95 | S | A | 10 | 200 | 34 | 2,125 | 0,875 | 153 | 326 |
| | Cu | 74:95 | S | R | 5 | 100 | 7 | 1,938 | 0,741 | 26 | 51 |
| | La | 77:95 | S | A | 20 | 700 | 42 | 2,576 | 1,204 | 278 | 718 |
| | Mo | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Nb | 33:95 | S | – | 10 | 20 | – | – | – | – | – |
| | Ni | 78:95 | S | A | 5 | 200 | 8 | 2,237 | 0,955 | 40 | 89 |
| | Pb | 95:95 | S | A | 10 | 150 | 31 | 1,925 | 0,732 | 115 | 221 |
| | Sb | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Sc | 79:95 | S | A | 5 | 30 | 9 | 1,841 | 0,672 | 30 | 56 |
| | Sn | 4:95 | S | – | 10 | 15 | – | – | – | – | – |
| | Sr | 23:95 | S | R | 100 | 500 | – | – | – | – | – |
| | V | 95:95 | S | A | 10 | 300 | 61 | 1,297 | 0,734 | 102 | 133 |
| | W | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Y | 91:95 | S | A | 10 | 200 | 22 | 1,881 | 0,701 | 78 | 146 |
| | Zn | 0:95 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Zr | 51:95 | S | R | 70 | 1.000 | 874 | 2,118 | 0,869 | 3.921 | 8.304 |

Notas: 1) Valores de média e limiares arredondados.
2) Métodos analíticos: S = Espectrografia de emissão; AA = Espectrofotometria de absorção atômica.
3) Distribuição suposta lognormal aceita (A) ou rejeitada (R) a um nível de significância 1% (Kolmogorov-Smirnov).
4) Resultados em ppm, exceto quando indicado.

*Tabela 3.2 – Estimadores da população.*

Material: Solo

| População | Elemento | Grau de Detecção | Método Analítico | Dist. Suposta Lognormal | Valor Mínimo | Valor Máximo | Média | Desvio Geométrico | Coeficiente de Variação | Limiar de Anomalia Possível | Limiar de Anomalia Provável |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TOTAL | Fe (%) | 96:96 | S | R | 0,5 | 20 | 6 | 2,715 | 1,308 | 44 | 120 |
| | Mg (%) | 93:96 | S | R | 0,1 | 5 | 0,05 | 2,493 | 1,141 | 0,3 | 0,8 |
| | Ca (%) | 23:96 | S | – | 0,1 | 2 | – | – | – | – | – |
| | Ti (%) | 74:96 | S | A | 0,15 | 1 | 0,7 | 1,801 | 0,643 | 2 | 4 |
| | Mn | 96:96 | S | R | 20 | 3.000 | 218 | 3,324 | 1,798 | 2.408 | 8.006 |
| | Ag | 1:96 | S | – | 0,5 | 0,5 | – | – | – | – | – |
| | As | 4:96 | S | – | 200 | 1.000 | – | – | – | – | – |
| | Au | 0:96 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | B | 63:96 | S | R | 10 | 1.000 | 24 | 3,764 | 2,190 | 340 | 1.279 |
| | Ba | 90:96 | S | A | 20 | 2.000 | 87 | 2,558 | 1,190 | 569 | 1.456 |
| | Bc | 3:96 | S | – | 1.000 | 1.000 | – | – | – | – | – |
| | Bi | 0:96 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Cd | 0:96 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Co | 68:96 | S | R | 5 | 150 | 8 | 2,807 | 1,379 | 63 | 176 |
| | Cr | 91:96 | S | A | 10 | 1.500 | 105 | 3,865 | 2,284 | 1.568 | 6.062 |
| | Cu | 87:96 | S | A | 5 | 150 | 25 | 2,979 | 1,514 | 221 | 660 |
| | La | 41:96 | S | R | 20 | 70 | 16 | 1,605 | 0,501 | 41 | 66 |
| | Mo | 3:96 | S | – | 5 | 5 | – | – | – | – | – |
| | Nb | 15:96 | S | – | 10 | 10 | – | – | – | – | – |
| | Ni | 82:96 | S | R | 5 | 700 | 33 | 3,767 | 2,193 | 468 | 1.764 |
| | Pb | 58:96 | S | R | 10 | 100 | 12 | 2,051 | 0,822 | 50 | 103 |
| | Sb | 0:96 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Sc | 85:96 | S | R | 5 | 50 | 16 | 2,454 | 1,113 | 96 | 236 |
| | Sn | 5:96 | S | – | 10 | 30 | – | – | – | – | – |
| | Sr | 1:96 | S | – | 100 | 100 | – | – | – | – | – |
| | V | 96:96 | S | R | 10 | 700 | 154 | 2,731 | 1,320 | 1.148. | 3.136 |
| | W | 0:96 | S | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | Y | 79:96 | S | R | 10 | 70 | 14 | 1,801 | 0,643 | 45 | 81 |
| | Zn | 2:96 | S | – | 200 | 200 | – | – | – | – | – |
| | Zr | 94:96 | S | A | 20 | 1.000 | 159 | 1,951 | 0,751 | 605 | 1.180 |
| | Cu | 66:96 | AA | A | 3 | 210 | 34 | 2,968 | 1,505 | 299 | 887 |
| | Pb | 40:96 | AA | – | 6 | 22 | – | – | – | – | – |
| | Z | 66:96 | AA | A | 4 | 160 | 19 | 2,259 | 0,971 | 96 | 219 |
| | Co | 49:96 | AA | R | 1 | 80 | 2 | 4,966 | 3,471 | 49 | 245 |
| | Ni | 52:96 | AA | A | 1 | 370 | 11 | 5,503 | 4,161 | 333 | 3.664 |
| | W | 38:96 | COL | R | 4 | 24 | – | – | – | – | – |

Notas: 1) Valores de média e limiares arredondados.
2) Métodos analíticos: S = Espectrografia de emissão; AA = Espectrofotometria de absorção atômica; COL= Colorimetria.
3) Distribuição suposta lognormal aceita (A) ou rejeitada (R) a um nível de significância 1% (Kolmogorov-Smirnov).
4) Resultados em ppm, exceto quando indicado.

De um modo geral, o elemento W aparece presente na grande maioria das seções em quantidades que, se não fortemente anômalas, sempre se situam bem acima do *background* normal esperado para a área.

Ressalta-se, no contexto, as seções D, E, F, G e H, na porção centro-sul da folha, nos interflúvios Bacajaí-Bacajá e Bacajaí - Itatá. Na seção D há uma associação dos elementos As e W em três das treze amostras da seção (AV-83, AV-84 e AV-85), com teores fortemente anômalos do primeiro. Na seção E são anotadas anomalias de Ag - La - W (Pb-Sn) em cinco das quatorze amostras que compõem a seção. Na seqüência da seção F aparece como elemento principal o W, em treze amostras, em alguns pontos isolado e, em outros, associado a Sn, Y e As. No ponto AV-100 ocorre a associação anômala do tipo Mg-Ca-Co-Cr-Ni, refletindo apenas um enriquecimento local mais básico do substrato.

Quanto às seções G e H, perpendiculares entre si, na primeira, das seis amostras que a compõem, cinco demonstram teores enriquecidos de W, na faixa de variação de 8 a 16ppm. Na seção H, em todos os resultados analíticos foi detectada a presença de W em teores acima do *background* normal para a área, em alguns dos pontos associados a teores anômalos de La,Mn e B.

Nas demais seções as concentrações anômalas detectadas não definem *trends* ou associações multielementais que se ressaltem no contexto. Apenas alguns teores de Ca, Zr, Ba, Y e Mn.

Do exposto, fica evidente o destaque mais imediato de W no contexto geoquímico da área, requerendo trabalhos complementares com aplicação de técnicas analíticas mais sensíveis e análise multielemental dirigida, uma vez que as informações disponíveis ressentem-se de um maior suporte.