



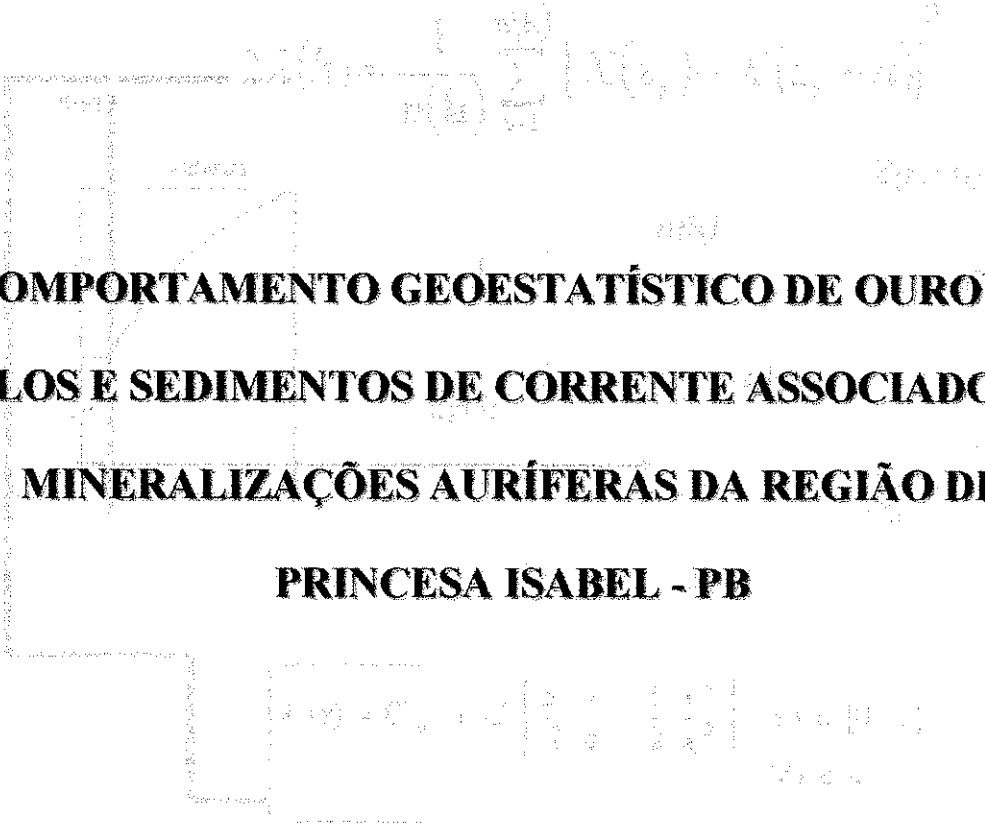
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CAMPUS II
MESTRADO EM ENGENHARIA DE MINAS**

LANUSSE SALIM R. TUMA

**“COMPORTAMENTO GEOESTATÍSTICO DE OURO EM SOLOS E
SEDIMENTOS DE CORRENTE ASSOCIADOS ÀS MINERALIZAÇÕES
AURÍFERAS DA REGIÃO DE PRINCESA ISABEL – PB”**

Campina Grande / PB

1999



**COMPORTAMENTO GEOESTATÍSTICO DE OURO EM
SOLOS E SEDIMENTOS DE CORRENTE ASSOCIADOS ÀS
MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS DA REGIÃO DE
PRINCESA ISABEL - PB**

LANUSSE SALIM R. TUMA

**COMPORTAMENTO GEOESTATÍSTICO DE OURO EM SOLOS E
SEDIMENTOS DE CORRENTE ASSOCIADOS ÀS MINERALIZAÇÕES
AURÍFERAS DA REGIÃO DE PRINCESA ISABEL - PB**

Dissertação de Mestrado apresentada a Coordenação
do Curso de Pós- Graduação em Engenharia de
Minas, Universidade Federal da Paraíba, como parte
das exigências para obtenção do Grau de Mestre.

Área de Concentração: **GEOLOGIA DE MINAS**

Orientador: **Prof. TUMKUR RAJARAO GOPINATH, PhD**

Campina Grande / PB
1999



T925c Tuma, Lanusse Salim Rocha
Comportamento geoestatístico d ouro em solos e sedimentos de corrente associados as mineralizações auríferas da região de Princesa Isabel - PB / Lanusse Salim Rocha Tuma. - Campina Grande, 1999.
61 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia.

1. Ouro - Minerio - Geologia 2. Geoestatística - Análise
3. Dissertação - Engenharia de Minas I. Gopinath, Tumkur Rajarao II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB)

CDU 622.342(043)

PARECER DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DO ALUNO LANUSSE SALIM ROCHA TUMA

TÍTULO: "Comportamento Geoestatístico de Ouro em Solos e Sedimentos de Corrente
Associados às Mineralizações Auríferas da Região de Princesa Isabel-PB"

Aprovada em 16/12/1999

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Tumkur Rajarao Gopinath

TRloposth

Dr. Narendra Srivatsava

N. R. Srivatsava

Dr. Vishwambhar Nath Agrawal

Vishwambhar Nath Agrawal

Campina Grande, dezembro de 1999

ARRISCAR !!!

*“Ter esperança é arriscar-se a sofrer
decepção.*

Tentar é arriscar-se a falhar.

Mas... é preciso correr riscos.

*Porque o maior azar da vida é não arriscar
nada...*

*Pessoas que não arriscam, que nada fazem,
nada são.*

*Podem estar evitando o sofrimento e a
tristeza.*

*Mas assim não podem aprender, sentir,
crescer, mudar, amar, viver...*

Acorrentadas às suas atitudes, são escravas.

Abrem mão da sua liberdade.

*Podem estar evitando o sofrimento e a
tristeza.*

*Mas assim não podem aprender, sentir,
crescer, mudar, amar, viver...*

Acorrentadas as suas atitudes, são escravas.

Abrem mão da sua liberdade.

Só a pessoa que se arrisca é livre...

Arriscar-se é perder o pé por algum tempo.

Não se arriscar é perder a vida...”

Soren Kiekegaard

*Em homenagem a Rosilda Botelho Pinheiro, minha
madrinha (in memoriam).*

*Especialmente aos meus Pais e Avós, como prova do
meu reconhecimento, admiração e amor.*

AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar a **DEUS**, o meu agradecimento pela *força, fé, coragem e saúde* que obtive no decorrer dos anos, amparo indispensável em mais uma vitória conquistada!
- De modo especial a: José Fernando da Rocha, Senhorinha Rodrigues da Rocha, Salim Tuma, Maria Helena da Rocha Tuma, Aretusa Helena Rocha Tuma e Kemle Senhorinha Rocha Tuma, meus queridos e amados avós, pais e irmãs, e demais familiares não citados. O meu sincero e inestimável *MUITO OBRIGADO!* Pelo *amor, apoio e compreensão* dispensados a mim, em todos os momentos de minha existência. Vocês representam a razão do meu esforço.
- Ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, meu orientador e grande amigo, Prof. Tumkur Rajarao Gopinath, aos incentivos recebidos e pelo relacionamento cordial durante o andamento deste trabalho.
- A minha querida namorada, imensa companheira de todos as circunstâncias, Veruscka Pires Pina, pela paciência e compreensão durante minhas mudanças repentinas de humor, e pelo apoio afetivo e emocional tão importantes ao meu bem estar.
- Ao Departamento de Mineração e Geologia (DMG), ao qual fazem parte ilustres professores, alunos, funcionários técnico-administrativos e serventes, pelas trocas de experiência, convívio harmonioso e no consentimento da utilização das dependências e equipamentos.
- Ao estimável amigo Carlos Magno Muniz e Silva, que foi a primeira pessoa a me estender ajuda e auxílio em C. Grande, orientando dúvidas e contribuindo em grande parte ao meu aperfeiçoamento profissional.
- Ao amigo Prof. Reinhard Richard Wegner pela colaboração ao fotografar em slides amostras contendo partículas finas de ouro, pertencentes ao acervo do Centro Gemológico, ilustradas nesse trabalho.

- A Secretária da Coordenação do Mestrado, Maria do Carmelo M. Coutinho, por sua paciência e valioso auxílio nas tarefas rotineiras e questões burocráticas, atributos que merecem meu reconhecimento.
- A Carlos Henrique Lopes de Melo e a Manuel Fernandes Sobrinho, pelo consentimento ao acesso à área do garimpo Farias e por todo apoio prestado durante minha visita a campo.
- Aos garimpeiros João Nascimento dos Santos, o Lanta, e a José Ananias Sobrinho, o Zezé, pela ajuda nos serviços de campo e informações transmitidas.
- As significativas amizades construídas com os alunos do mestrado e da graduação em Engenharia de Minas, ao longo de discussões do dia-a-dia e troca de experiências no decorrer da jornada, que só tendem a render frutos promissores.
- Ao Prof. Tumkur Rajarao Gopinath, Prof. Narendra Srivatsava e Prof. Vishwambhar Nath Agrawal, por aceitarem o convite para formar a banca examinadora da apresentação desta dissertação e pela valiosa contribuição prestada para o aprimoramento deste trabalho.
- Ao auxílio extremamente útil a minha qualificação profissional prestado pela CAPES, ao conceder o subsídio financeiro para minhas necessidades pessoais, ao longo de vinte e quatro meses de bolsa de Mestrado.
- Por fim, as pessoas não mencionadas, porém envolvidas direta ou indiretamente, indispensáveis na concretização de cada etapa desta dissertação de mestrado.

RESUMO

O presente estudo trata sobre a análise geoestatística das amostras de solos e sedimentos de corrente auríferos, provenientes do Município de Princesa Isabel (PB).

O ouro ocorre nos veios de quartzo das Formações Superiores metassedimentares do Pré-cambriano. Esse metal vem sendo explorado atualmente na região e o grande balanço de prospecção geoquímica realizado pela CDRM/PB acabou por descobrir novos depósitos adicionais. A larga cobertura amostral de solos e sedimentos associados com os depósitos de ouro da região rendeu uma grande quantidade de dados sobre as ocorrências desse metal.

As metas deste estudo foram verificar a natureza da distribuição do metal em solo e sedimentos, conhecer o comportamento geoquímico do elemento, e também desenvolver um modelo sistemático da sua distribuição.

De um total de 129 amostras analisadas, o ouro presente nos sedimentos varia com teores entre 0 a 184.71 ppb, contendo valor médio de 9.44 ppb, e variância elevada de 841.49. O coeficiente de variação tende a oscilar ao redor de 307.24%. Quanto as amostras de solos, 571 dados foram considerados, com teores variando entre 8 ppb a 950 ppb, apresentando teor médio de 52.08 ppb, variância de 10858.45 e variabilidade irregular de 200%. A distribuição do ouro em solo e sedimentos assume um comportamento lognormal.

Os teores amostrais de solos e sedimentos foram usados para desenvolver os variogramas, e assim, descobrir a estrutura e a continuidade da distribuição do metal. Os variogramas médios elaborados não mostraram uma estrutura muito satisfatória, porém, o modelo direcional indicou uma boa estrutura com zona de influência de 7 m, para sedimentos de drenagem, e 1800 m, para solo. Estes variogramas ainda mostraram padrão de efeito buraco com oscilação vertical, onde a curva representa sedimentação irregular e/ou periódica quanto a ocorrência de ouro. O efeito da eliminação de amostras com extremos foi também investigado. Agruparam-se as amostras de solos e sedimentos associados com cada veio mineralizado para separar as estruturas do variograma geral. Isto resultou em estruturas significantes que mostraram a influência dos veios mineralizados nos padrões de distribuição do ouro nos sedimentos e em solo.

SUMÁRIO

	<i>Pág.</i>
DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 – Discussão do Tema.....	2
1.2 – Justificativa e Relevância.....	5
1.3 – Objetivos.....	6
1.4 - Localização e Acesso à Área de Pesquisa.....	7
1.5 – Caracterização do Espaço Físico.....	10
1.5.1- <i>Clima</i>	10
1.5.2- <i>Solos</i>	11
1.5.3- <i>Vegetação</i>	12
1.5.4- <i>Hidrografia</i>	12
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1- A Ciência Geoestatística.....	13
2.2- O Panorama Geo-Econômico do Ouro.....	22
2.3- Geologia Regional.....	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO.....	38
4. COMPORTAMENTO GEOESTATÍSTICO DOS TEORES DE OURO EM SOLO E SEDIMENTOS DE CORRENTE.....	43
4.1. Análise Variográfica para Solos.....	43
4.1.1- <i>Variograma geral para os teores de solo</i>	45
4.1.2- <i>Setor Farias</i>	55
4.1.3- <i>Setor Covico</i>	60
4.2. Análise Variográfica para Sedimentos de Corrente.....	65
4.2.1- <i>Variograma geral para Sedimentos de Corrente</i>	66
4.2.2- <i>Setor Farias</i>	74

4.2.3- <i>Setor Covico</i>	81
5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ATIVIDADES DE MINERAÇÃO.....	87
5.1- Quadro Geológico Local.....	87
5.2- Execução das Operações Unitárias Básicas de Mineração.....	93
6. CONCLUSÕES.....	102
7. ABSTRACT.....	106
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
9. BIBLIOGRAFIAS COMPLEMENTARES.....	111
10. ANEXOS.....	114
ANEXO A- Os teores de ouro contidos nos solos e suas respectivas localizações.....	114
ANEXO B- Os teores de ouro contidos nos sedimentos e suas respectivas localizações.....	123
ANEXO C- Resultados dos variogramas elaborados, com as especificações das quantidades de pares e distâncias médias e estimadas computadas entre pares de amostras.....	126
ANEXO D- Mapas das distribuições espaciais das amostras de solos e sedimentos auríferos.....	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFPB	Universidade federal da Paraíba
USP	Universidade de São Paulo
UNESP	Universidade Estadual de São Paulo
IME	Instituto Militar de Engenharia
CCT	Centro de Ciência e Tecnologia
LMRS	Laboratório de Meteorologia e Sensoriamento Remoto
CAPES	Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
CDRM	Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais
CPRM	Companhia de Pesquisa dos Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Pesquisa Mineral
MME	Ministério das Minas e Energia
SBG	Sociedade Brasileira de Geologia
VAR.	Variograma
V. R.	Variável Regionalizada
XVALID	Validação Cruzada
DIR.	Direção
TOL.	Tolerância
INC.	Incremento

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<u>FIGURAS</u>	<i>Pág.</i>
FIG. 1- Visão geral da área de trabalho objeto deste estudo.....	3
FIG. 2- Localização geográfica da área de pesquisa.....	8
FIG. 3- Representação das microrregiões homogêneas e sub-regiões do Estado da Paraíba (Adaptado de Moreira, 1988).....	9
FIG. 4- Representação da Função Variograma com patamar.....	16
FIG. 5- Principais modelos de Variogramas Teóricos.....	18
FIG. 6- Resumo das principais características dos Variogramas. (A) cálculo por número de pares, (B) conceitos de zona de influência e efeito pepita (Fonte: Newton <i>et al.</i> , 1997).....	20
FIG. 7- Províncias Estruturais do Brasil (Almeida, 1977).....	28
FIG. 8- Província Estrutural da Borborema (Brito Neves, 1975).....	29
FIG. 9- Sistemas de zonas de cisalhamento na Província Borborema e depósitos de ouro associados (Modificado de Coutinho, 1995).....	35
FIG. 10- Mapa geológico da parte da Folha Serra Talhada (Modificado de Gomes, <i>no prelo apud</i> Barbosa, 1998).....	36
FIG. 11- Mapa geológico da região de Cachoeira de Minas/PB (Barbosa, 1998).....	37
FIG. 12- Fluxograma das operações existentes no aplicativo Geo-Eas.....	40
FIG. 13- Representação gráfica das distribuições em solo; a: histograma de frequência simples; b: curva de probabilidade.....	47
FIG. 14- Variograma experimental para solos totais com valores extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Estrutura do depósito.....	48
FIG. 15- Representação do variograma teórico para solos totais com extremos e seus respectivos parâmetros.....	49
FIG. 16- Variograma de solos totais sem valores extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 30° e tolerância de 35°.....	51
FIG. 17- Teores krigados, pelo processo de validação Cruzada, para solos com extremos.....	53
FIG. 18- Teores krigados, pelo processo de validação Cruzada, para solos sem	

extremos.....	53
FIG. 19- Variograma de solos com extremos do Setor Farias; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 135° e tolerância de 45°.....	56
FIG. 20- Variograma de solos sem extremos do Setor Farias; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 75° e tolerância de 30°.....	57
FIG. 21- Teores krigados para solos sem extremos do Setor Farias.....	59
FIG. 22- Variograma de solos com extremos do Setor Covico; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 135° e tolerância de 45°.....	61
FIG. 23- Variograma de solos com extremos do Setor Covico; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 135° e tolerância de 20°.....	62
FIG. 24- Teores krigados para solos sem extremos do Setor Covico.....	64
FIG. 25- Distribuição de frequência das amostras totais de sedimentos de corrente; A: histograma de frequência simples; B: curva de probabilidade.....	67
FIG. 26- Variograma de sedimentos de corrente com extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 110° e tolerância de 25°.....	68
FIG. 27- Variograma de sedimentos de corrente sem extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 0° e tolerância de 90°.....	69
FIG. 28- Teores krigados pelo método XVALID para sedimentos com extremos.....	72
FIG. 29- Teores krigados pelo método XVALID para sedimentos sem extremos.....	72
FIG. 30- Distribuição de frequência para sedimentos do Setor Farias; A: histograma de frequência simples; B: curva de probabilidade.....	76
FIG. 31- Variograma para os sedimentos com extremos do Setor Farias; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 135° e tolerância de 45°.....	77
FIG. 32- Variograma para os sedimentos sem extremos do Setor Farias; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 10° e tolerância de 75°.....	78

FIG. 33- Teores krigados pelo método XVALID para amostras de sedimentos sem extremos do Setor Farias.....	80
FIG. 34- Distribuição de freqüência para sedimentos do Setor Covico; A: histograma de freqüência simples; B: curva de probabilidade.....	82
FIG. 35- Variograma para os sedimentos com extremos do Setor Covico; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 45° e tolerância de 65°.....	84
FIG. 36- Variograma para os sedimentos sem extremos do Setor Covico; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 30° e tolerância de 75°.....	85
FIG. 37- Teores krigados pelo método XVALID para amostras de sedimentos sem extremos do Setor Covico.....	86
FIG. 38- Distribuição dos veios mineralizados segundo a direção NE-SW nos Setores Covico e Farias (Modificado de Oliveira <i>et al.</i> , 1984 <i>apud</i> Barbosa, 1998)....	88
FIG. 39- Fluxograma das operações unitárias básicas de Mineração praticadas no Setor Farias.....	98

TABELAS

Pág.

TAB. 1- Produção aurífera no decorrer da Evolução Histórica.....	22
TAB. 2- Propriedades físicas e químicas do ouro.....	24
TAB. 3- Os países que obtiveram as maiores produções de ouro no ano de 1997.....	25
TAB. 4- Descrições estatísticas das amostras totais de solo.....	45
TAB. 5- Valores estatísticos da validação cruzada para as amostras de solo.....	52
TAB. 6- Descrições estatísticas das amostras de solo, referentes ao Setor Farias.....	55
TAB. 7- Validação cruzada para amostras de solo do Setor Farias.....	58
TAB. 8- Descrições estatísticas das amostras de solo referentes ao Setor Covico.....	60
TAB. 9- Validação cruzada para as amostras de solo do Setor Covico.....	63
TAB. 10- Dados estatísticos das amostras totais de sedimentos de corrente.....	66
TAB. 11- Parâmetros da validação cruzada para sedimentos de corrente.....	71
TAB. 12- Descrições estatísticas para sedimentos de corrente do Setor Farias.....	74
TAB. 13- Parâmetros da validação cruzada para sedimentos do Setor Farias.....	79
TAB. 14- Descrições estatísticas de sedimentos de corrente do Setor Covico.....	81

TAB. 15- Resultados da validação cruzada para sedimentos do Setor Covico.....	86
---	----

FOTOS

Pág.

FOTO 1- Detalhe dos veios de quartzo mineralizados explorados na região.....	89
FOTO 2- Contaminação por partículas de ouro presentes em amostras de veios de quartzo (Foto: Wegner R. R., 1999).....	90
FOTO 3- Geomorfologia predominante nas proximidades do Setor Covico.....	91
FOTO 4- Morfologia irregular característico do Setor Farias.....	92
FOTO 5- Início de escavação de lavra subterrânea realizado por garimpeiro.....	93
FOTO 6- Visão frontal da abertura das galerias verticais.....	94
FOTO 7- Tripé com roldana utilizada para içar o minério até a superfície.....	95
FOTO 8- Etapa de cominuição manual dos blocos.....	95
FOTO 9- Cominuição mecanizada realizada por britador de mandíbula operando à úmido.....	96
FOTO 10- Pilhas de minério guardadas no pátio de estocagem.....	96
FOTO 11- Frente de lavra do Setor Farias na sua porção leste.....	99
FOTO 12- Porção oeste do Setor Farias em início de exploração.....	99
FOTO 13- Modificação da paisagem resultante da extração de minério.....	100

LISTA DE SÍMBOLOS

Km	Quilômetro
Km ²	Quilômetro Quadrado
mm	Milímetro
m	Metro
cm	Centímetro
pH	Potencial de Hidrogênio
ppb	Parte por Bilhão
ppm	Parte por Milhão
#	Mash
g(h) ou γ (h)	Medida de Similaridade
h	Distância
t. ou ton.	Tonelada
Au	Ouro
Ag	Prata
Cu	Cobre
Å	Ângstron
g/m ³	Gramas por Metro Cúbico
g/cm ³	Gramas por Centímetro Cúbico
°C	Graus Célsius
cal	Caloria
ct	Quilate
g/t	Gramas por Tonelada
g	Gramas
Kg	Quilograma
L	Leste
N	Norte

1. INTRODUÇÃO

1.1 – Discussão do Tema

A presente dissertação tem o objetivo de dar prosseguimento a novos estudos à região de Cachoeira de Minas, sudoeste do Estado da Paraíba, considerada em trabalhos anteriores, como economicamente e geologicamente atrativa do ponto de vista de suas ocorrências de metais nobres, como o ouro (Au nativo) objeto deste estudo.

Este trabalho aborda a realização de tratamento e interpretação geoestatística de teores auríferos em solos e sedimentos de corrente, do Município de Princesa Isabel, região localizada no sudoeste do Estado da Paraíba (Fig. 1). Os dados disponíveis provém de Relatórios Finais de pesquisa sobre as ocorrências de ouro da região de Cachoeira de Minas, realizados pela Companhia de Desenvolvimento Recursos Minerais da Paraíba - CDRM/PB (Oliveira *et al.*, 1982 e Silva *et al.*, 1989).

A pesquisa será desenvolvida mediante uso da ferramenta geoestatística que envolve a interação entre a geologia e a matemática, atualmente bastante difundida em diversas áreas de conhecimento técnica e científica.

A ciência geoestatística foi desenvolvida no início da década de 60, pelo engenheiro de minas francês Georges Matheron, tornando-se uma ferramenta de estudo bastante importante por fornecer resultados satisfatórios aos planejamentos do setor mineral.

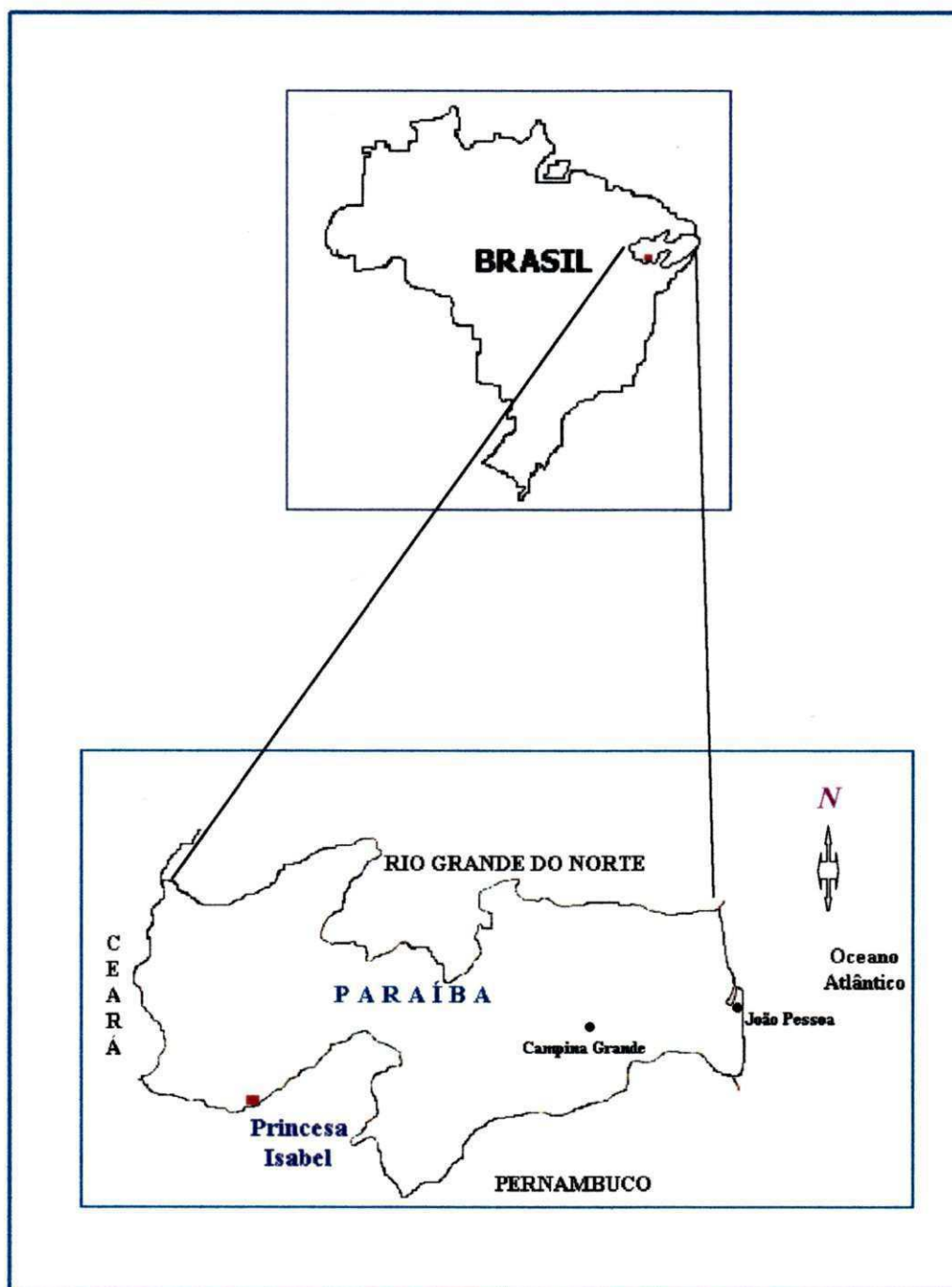


FIGURA 1- Visão geral da área de trabalho objeto deste estudo.

A pesquisa tem como finalidade propiciar maior investigação, e enriquecer os espaços deixados de conhecimento geológico sobre a região alvo, conhecida por ocorrências de mineralizações primárias (veios de quartzo) e aluvionares de ouro, ou seja, está fundamentada no caráter promissor que desperta a temática do trabalho em contribuir para o conhecimento científico na região, ainda carente de estudos mais precisos e/ou aplicados, detalhados e representativos sobre o potencial mineral da região envolvida.

1.2 – Justificativa e Relevância

Não é novidade para a humanidade que a *commodity* do ouro sempre despertou interesse por se tratar de uma fonte de divisas por parte de qualquer civilização ao longo de toda história. Em virtude de seu valor agregado, apesar da cotação no mercado estar em baixa já algum tempo, o ouro tem seu destaque diante da grande demanda que a sociedade o impõe. Trata-se de um elemento de fundamental importância na economia de qualquer mercado competitivo. O suficiente para merecer atenção especial no tocante as áreas de ocorrências, e seus respectivos pontos tradicionais de extração/exploração, caso da região de Cachoeira de Minas, considerado como reservas promissoras já relatadas por outros trabalhos.

Esta pesquisa poderá auxiliar no entendimento de depósitos irregulares de ouro, em uma região de potencial econômico atrativo do Estado da Paraíba, ainda pouco investigada diante do ponto de vista geoestatístico e geológico.

Como esse trabalho visa compreender o comportamento geoquímico do ouro no solo e sedimentos de corrente, através da geoestatística, esse estudo poderá colaborar nas atividades de prospecção para os veios portadores do metal.

Também, poderá contribuir para despertar o interesse de futuras empresas que pretendam instalar alguma atividade mineral no setor.

1.3 – Objetivos

Neste trabalho de pesquisa, desenvolvido ao longo de 24 meses, destaca-se os seguintes objetivos:

- Identificar a variabilidade geológica do depósito através da análise variográfica de teor. A análise variográfica é considerada uma ferramenta auxiliar para identificar a continuidade e dispersão de teores de ouro em solo e sedimentos de corrente;
- Elaborar modelo(s) de variograma(s) apropriado(s) do depósito;
- Caracterizar a presença ou não de anisotropia na variação do metal;
- Estimativas e validação de teores baseadas em modelos de variogramas experimentais e teóricos;
- Interpretações do modelo geoestatístico e do quadro geológico da área investigada, que resultaram em uma carta de isoteores, com vistas a identificação de áreas-alvos de mineralizações expressivas de ouro.

1.4 - Localização e Acesso à Área de Pesquisa

A área de pesquisa é conhecida como Setor Cachoeira de Minas, situado à sudoeste do Estado da Paraíba (Fig. 2), mais precisamente abrangendo o Município de Princesa Isabel, próximo a divisa com o Estado de Pernambuco.

Morfológicamente, o setor está inserido dentro da microrregião homogênea (Fig. 3a), Serra do Teixeira, e contido, também, na sub-região do Sertão paraibano (Fig. 3b).

O acesso a região por via rodoviária compreende os trechos no sentido: J. Pessoa – C. Grande – Juazeirinho, Juazeirinho- Teixeira, Teixeira – Juru, Juru – Princesa Isabel, percorrendo, respectivamente, as estradas: BR 230 - PB 238 – PB 306 – BR 426. Esse percurso totaliza 410 Km de distância.

Uma vez em Princesa Isabel, percorre-se por volta de 28 Km, em estrada não pavimentada, até os garimpos do Covico e Farias, localizados no distrito de Cachoeira de Minas, onde efetuou-se esse trabalho.

As amostras analisadas enquadram-se no limite entre as seguintes coordenadas geográficas de meridianos $38^{\circ}02'W$ a $38^{\circ}06'W$, e paralelos $07^{\circ}34'S$ a $07^{\circ}37'S$, ocupando uma extensão territorial de 30 Km^2 , aproximadamente.

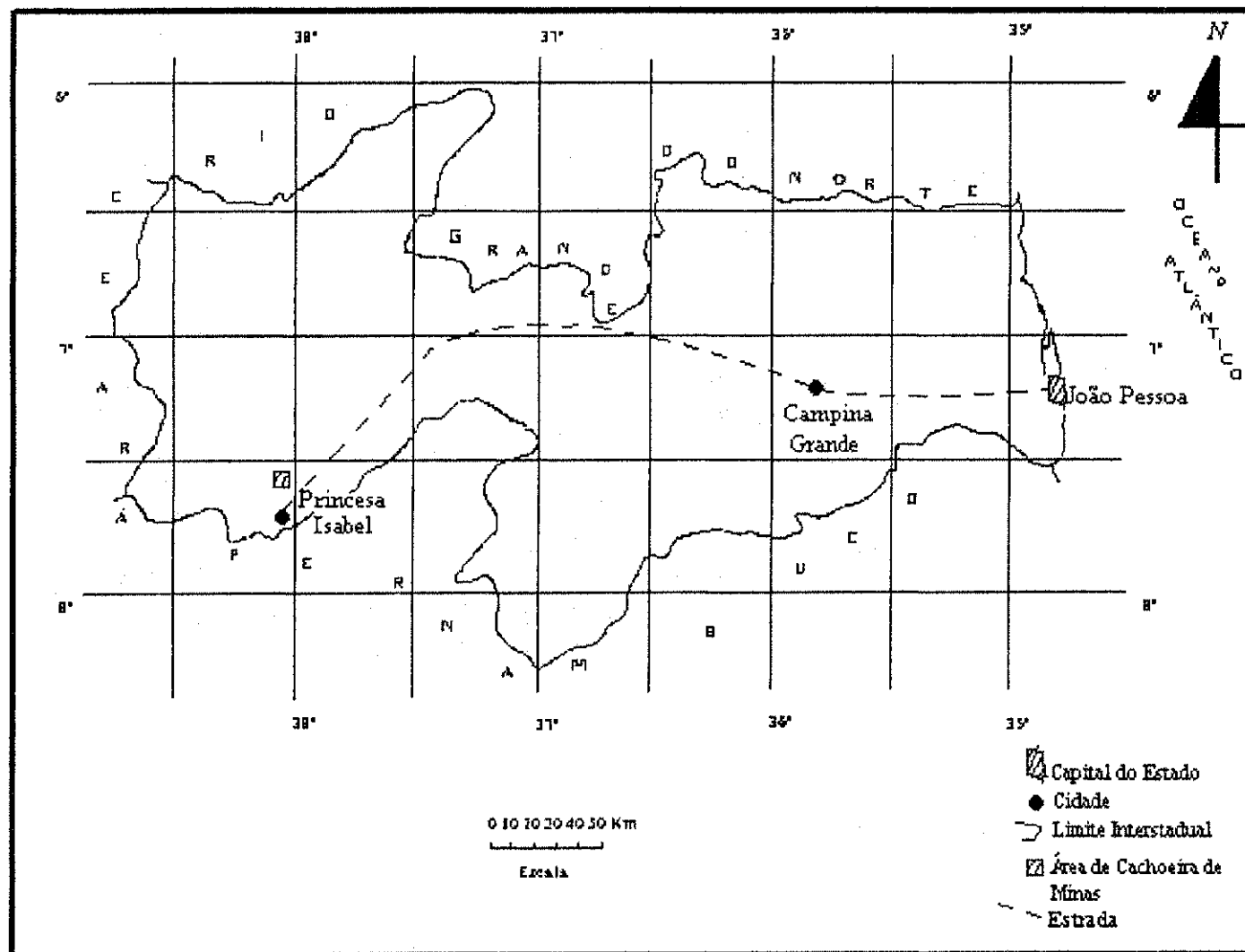


FIGURA 2 – Localização geográfica da área de pesquisa .

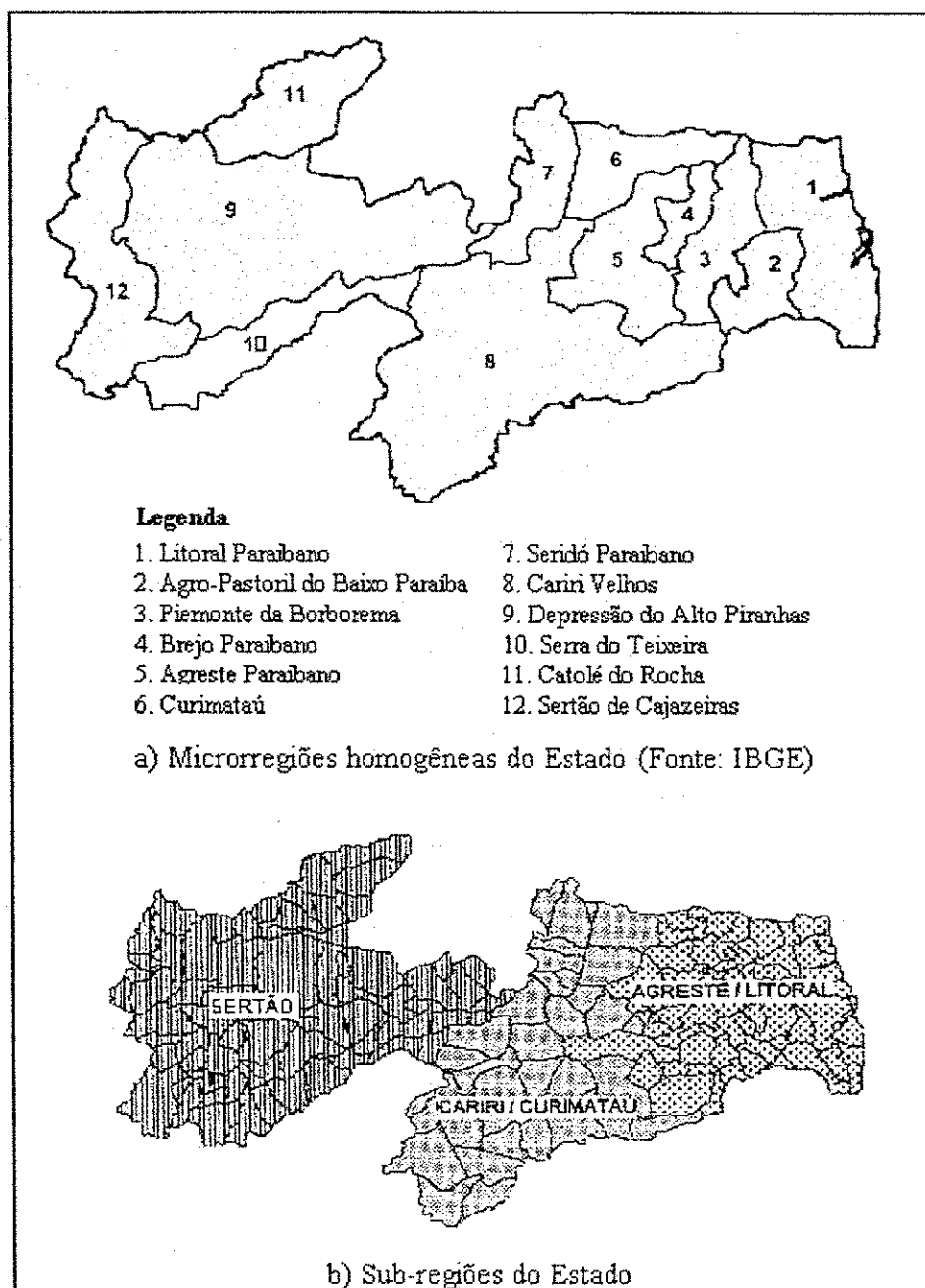


FIGURA 3- Representação das microrregiões homogêneas e sub-regiões do Estado da Paraíba (Adaptado de Moreira, 1988).

1.5 – Caracterização do Espaço Físico

Na caracterização do espaço físico se abordará certos aspectos fisiográficos da região investigada, entre os quais ressaltam-se, a saber:

- Clima
- Solos
- Vegetação
- Hidrografia

1.5.1. *Clima*

Destaca-se o seguinte tipo climático segundo a classificação de Koeppen apud Silva *et al.* (1987), em Princesa Isabel: região de clima *Awig*, tropical seco úmido, do tipo Xerófito, obtendo estação seca translada do inverno para o outono e características térmicas (temperatura média mensal do ar) variando muito pouco ao longo do ano. Agora, de acordo com a classificação de Thornthwaite, a mesma região apresenta pequeno ou nulo excesso hídrico, com critério de umidade do tipo seco sub-úmido.

Nos estudos realizados por Melo *et al.* (1998), a distribuição mensal de precipitação pluviométrica apresenta índices em torno de 25 mm de chuva. Os desvios de precipitação acumulada, nos períodos compreendidos de janeiro a julho, correspondem a índices negativos de precipitação inferiores a - 50 mm. Climatologicamente, o mês de julho marca o término do período mais chuvoso para o setor leste do Nordeste do Brasil (região que vai do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia). Durante este período, na sub-região do Sertão, os dados pluviométricos mostraram valores médios totais iguais a 89,1 mm (valor 70,4% abaixo da média registrada em vários anos de dados meteorológicos).

1.5.2. Solos

Segundo Santos *et al.* (1990), na região do Piancó os solos presentes na região são do tipo: Podzóicos, Litólicos, Halomórficos e Bruno não Cálcicos. De acordo com os resultados observados, em algumas áreas quando o registro do grau de dissecação do relevo aparecia baixo a muito baixo e intensidade de uso da terra alto a médio, no terreno correspondia a solos menos movimentados. Já em outras unidades do mapeamento foram observados relevos mais íngremes, grau de dissecação do relevo de médio a alto, com linhas de crista de difusas a nítidas e baixa intensidade de uso da terra, correspondentes a unidades de solos Litólicos.

Para Souza *et al.* (1981), os solos classificados de Podzóicos apresentam-se, em geral, com textura média, atividade baixa de argila, fertilidade natural baixa, geralmente, solos profundos, muito porosos, moderada ou imperfeitamente drenados, ácidos e bastante intemperizados. O solo do tipo Bruno não Cálcico, caracteriza-se pela alta atividade de argila, pH variado de moderadamente ácido ou praticamente neutro, profundidade de horizonte média a rasa, fácil intemperização. Já os solos Litólicos integram a classe dos horizontes, pouco desenvolvidos a rasos, moderada a acentuadamente drenados, bastante erodidos, com pedregosidade e rochosidade na superfície e condição de deficiência de água.

1.5.3. *Vegetação*

De acordo com Brito *et al.* (1986a), na região predomina a vegetação do tipo Caatinga, mostrando-se densa a rala e de pequeno a médio porte, composta por cactáceas, espinheiros (jurema, calumbi, unha-de-gato, etc.), maleiro, velame, canafístula e espasas árvores de maior porte como angico, pau d'arco e juazeiro. Nos vales predominam gramíneas, maçambê, ariú e árvores componentes da mata ciliar (angico, baraúna, cauassu, jatobá e oiticica).

1.5.4. *Hidrografia*

O sistema de drenagem é composta, principalmente, pelos rios Gravatá e das Bruscas, afluentes do rio Piancó. Como a região está assentada sobre terrenos pré-cambrianos, é de se esperar que as rochas típicas apresentem permeabilidade baixa e densidade de drenagem média a alta.

Para Oliveira *et al.* (1982), o padrão de drenagem característico é predominantemente dendrítico, em virtude do tipo de terreno rochoso da região. A drenagem exibe padrão retangular, paralelo e sub-paralelo nas zonas que apresentam controle estrutural por fraturas e falhas, condicionando o sentido geral da rede hidrográfica para NE-SW.

No entanto, Brito *et al.* (1986a) considera que os rios correm geralmente nos sentidos NNE e NNW, e secundariamente, com sentidos NE e NW.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – A Ciência Geoestatística

A ciência “Geoestatística” abrange um conjunto de técnicas ou ferramentas úteis na resolução de problemas geológico-mineiros, ao servir de auxílio na determinação do cálculo de reservas e no controle e planejamento de lavra.

O desenvolvimento e a aplicabilidade partiram da formulação teórica de George Matheron (1957-1962), vindo a se tornar um moderno critério científico indispensável para interpretações e análises de grande parte dos fenômenos naturais.

Para Valente (1982), da necessidade em definir a maior ou menor conteúdo metálico de um determinado minério, inicialmente, determinado apenas visualmente de amostras obtidas (nos primórdios da mineração), posteriormente, melhor estimado com o advento da química analítica e do surgimento de métodos clássicos de cubagem de uma jazida. Surgiu em seguida, um consenso geral para adequar um método que melhor quantificasse os erros e fornecesse melhores informações (geológica e matemática) das reservas minerais. Essas informações, foram suficientes, a levar o engenheiro de minas francês Matheron, a desenvolver a teoria e a evolução da Geoestatística.

Também merecem destaques, outros cientistas que de certa forma influenciaram os primeiros estudos geoestatísticos, como por exemplo, D. G. Krige, que no início da década de 50, realizou as primeiras investigações nas minas de ouro da África do Sul, assim como, De Wijs, um pouco depois, que também estudou as jazimentos uraníferos sul-africanos. Após a consolidação das teorias desenvolvidas por Matheron, surgiram outros notáveis contribuidores da aplicação prática e autores de renome como J. Serra, A. G. Journel, A. M. Marechal e C. J. Huijbregts, M. David, entre muitos outros.

Antes de tudo, é melhor compreender que existem diferenças distintas entre a chamada Geoestatística e a Estatística Clássica.

De acordo com Ingram (1997), a Estatística Convencional diferencia-se da Geoestatística, fundamentalmente, por estar baseada na razão de variáveis independentes e não esboçarem continuidade e não reservarem extensão para cada valor. Enquanto, a geoestatística faz oposição ao assumir que os pontos contíguos sejam alto-correlacionados espacialmente entre si.

Os métodos geoestatísticos e estatísticos aliados a sistemas computacionais, tornam-se a cada dia, ferramentas indispensáveis com aplicação em diversos campos do conhecimento, entre alguns ramos de atuação pode-se citar, como exemplos: i) a caracterização de reservatórios de petróleo; ii) na solução de problemas em planejamento mineiro; iii) na resolução de problemas da geofísica marinha; iv) detecção de aquíferos envolvendo determinações de permeabilidade juntamente com métodos de simulação de juntas; v) avaliação qualitativa de poluição ambiental, inventários florestais e estimação quantitativa da distribuição espacial dos solos e; vi) climatologia, cartografia e geoprocessamento de imagens de satélite na delimitação de zonas mineralizadas¹.

Para Guerra (1988), a geoestatística fornece uma série de instrumentos de modo a se obter o melhor proveito da informação disponível, sem contar, na resolução de problemas típicos em diferentes etapas de um projeto mineiro, tais como: seleção de áreas, controle de amostragem, prospecção mineral, otimização e acompanhamento da lavra, e inclusive monitoramento e controle ambiental.

Essa ciência bastante recente, ficou reconhecida na mineração e na pesquisa mineral, como um método fundamental para quantificação precisa na avaliação de riscos provenientes dos altos investimentos e custos envolvidos nos empreendimentos mineiros.

Os estudos geoestatísticos partiram da necessidade de respostas as indagações provenientes da estatística clássica ou convencional. Assim, os constantes problemas relacionados entre a estatística e a geologia foram sanados, no que diz respeito a compreensão do comportamento espacial assumido pelas Variáveis Regionalizadas. Trata-se de uma variável (espessuras, profundidades, teores, etc.) que descreve um fenômeno natural, com aparente continuidade e caráter aleatório, ao assumir independente valor numérico em cada ponto no espaço.

¹ <http://www.geovariances.fr/geostatistics/applications>

Partindo do princípio que os fenômenos naturais não podem ser tratados como fenômenos aleatórios, surgiu a necessidade de encontrar novas ferramentas matemáticas que permitissem estudar de modo sistematizado as Variáveis Regionalizadas.

Nesses tipos de trabalhos, tentam-se conciliar as características essenciais das Variáveis Regionalizadas, aos chamados aspectos aleatórios e espaciais, que no campo dos fenômenos naturais significam ser a localização, continuidade, anisotropia e transição.

Os dados geológicos exigem para sua análise as posições relativas das amostras, ou seja, as suas respectivas coordenadas geográficas, apropriadamente coletadas em malhas regulares, nas áreas selecionadas supostamente favoráveis, a partir de estudos bibliográficos, índices geológicos, anomalias geoquímicas, etc.

Tal argumento, também é sustentado por Gripp (1992), quando afirma que em prospecção geoquímica, a posição relativa das amostras no espaço é tão importante quanto os valores das variáveis observadas, para efeito de interpretação. Esse autor, defende o método geoestatístico como sendo ideal e adequado para estudos de dados geoquímicos.

É bem conhecido, que amostras extraídas de um depósito mineral podem atingir até certa zona de influência, que para David (1977), significa ser a influência que cada amostra pode alcançar a certa distância variando, ou não, de acordo com uma determinada direção.

Deraisme (1998), afirma que a geoestatística não pode ser ignorada quando o negócio se trata de avaliação de reservas, hoje em dia, usada por um grande número de companhias de exploração em diferentes estágios de produção. As empresas estão necessitando de mais informação quanto a quantidades de reservas e sua relação com o limite do teor de corte. Isto é chamado de suporte de informação e de restrição, não sendo mais um grande mistério, já que o conhecimento das técnicas de geoestatística vem sendo divididos pela comunidade científica.

O caso mais representativo do emprego de técnicas de geoestatística durante quatro décadas, é o caso dos depósitos de ouro Witwatersrand na África do Sul, cujos esforços e progressos resultantes desse setor, até a presente data, devem-se aos estudos pioneiros de Krige. As perspectivas e progressos atuais nessa região, estão tratados em Krige *et al.* (1988), quando foram apresentadas a evolução dos resultados quanto a utilização de várias técnicas, métodos e práticas sistemáticas que vem resultando no controle da produção e no reconhecimento do modelo de acumulação do ouro nas minas.

A geoestatística dispõe de um instrumento matemático básico por constituir significativo avanço na abordagem dos problemas de estimação e um considerável revelador de estruturas mineralizadas, trata-se da função “Variograma” (Fig. 4).

O significado dessa ferramenta, para David (1977) inicia com a idéia de estimação e problemas de variabilidade, tendo como função, revelar diversas feições geológicas de importância para avaliações dos depósitos minerais, bem como suas continuidades, tamanhos e formas da zona de influência em torno de uma amostra.

Já de acordo com Ingram (1997), o variograma é usado para descrever a correlação espacial entre classes (ou muitas outras características) de um depósito mineral. A medida de similaridade entre classes (cálculo das variâncias entre duas classes) e suas respectivas distâncias h são obtidas. Isso é repetido para todas as amostras numa determinada distância h ao se efetuar a diferença da média quadrada entre esses valores calculados. Essa medida de similaridade é chamada de *gamma* (h) ou $g(h)$. Esses dados são plotados em gráficos cartesianos x - y , tendo no eixo das abscissas a distância h , e no eixo das ordenadas $g(h)$.

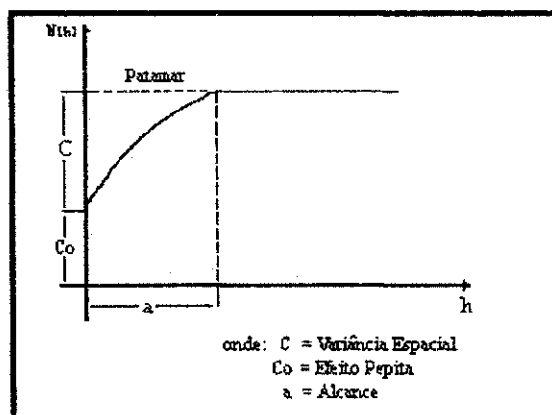


FIGURA 4 – Representação da Função Variograma com patamar.

Em outras palavras, o objetivo da análise estrutural alcançado através do variograma, é tentar extrair da aparente desorganização dos dados, uma noção de variabilidade dos mesmos, e também uma medida de correlação entre os valores tomados em dois pontos do espaço. Essa ferramenta, em termos práticos, permite estudar a dispersão natural das V.R., sendo o que mais nos interessa saber realmente seria o grau de continuidade da mineralização.

Segundo Guerra (1988), por definição o variograma de uma variável qualquer tem por expressão:

$$2\lambda(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [X(z_i) - X(z_i + h)]^2$$

Onde:

$X(z_i)$ é o valor da variável no ponto z_i

$X(z_i + h)$ é o valor da variável no ponto $z_i + h$

$n(h)$ é o número de pares distanciados a uma distância h

$2\lambda(h)$ é o valor médio do quadrado das diferenças entre todos os pares de pontos existentes no campo geométrico e distanciados por h

Para Valente (1982), essa função matemática trás consigo toda uma ferramenta estruturante: o variograma expressa, por exemplo, a correlação de teores verificados entre pares de pontos, e nunca encara o teor de um ponto de maneira isolada. Os teores representam valores tomados das V.R., a partir de pontos do espaço distanciados de sucessivos valores h . A construção de um variograma "honesto" só se consegue quando para um dado fenômeno existir estruturação detectável, em determinada escala (para uma dada malha de amostragem).

O variograma é uma ferramenta fundamental usada por geoestatísticos e geólogos para medidas de continuidade espacial entre classes de dados. O Variograma trata-se de um gráfico que esboça a variabilidade média entre as amostras e a distância entre elas. Como já se conhece, os variogramas são computados pelas médias das diferenças quadradas entre o número de pares N de amostras pelas suas distâncias h (Noble, 1992).

Existem três tipos de variogramas a saber: Experimental, Teórico e o Verdadeiro. O Variograma Experimental ou Observado, é o único conhecido por que provém do conjunto de amostras obtidas durante a amostragem. O variograma que melhor se ajusta ao variograma experimental, e que a partir dele se realiza inferências em relação ao Variograma Verdadeiro, é conhecido como Variograma Teórico. E o dito Variograma Verdadeiro é aquele variograma real do depósito, matematicamente correto, sendo para nós desconhecido.

Durante o estudo variográfico tenta-se chegar ao variograma teórico que mais se ajusta com o variograma experimental, pois desta maneira, pode-se realizar inferências diante um possível variograma real. Entre os modelos teóricos conhecidos estão os Variogramas: Esféricos, Exponencial, Parabólico, Logarítmico e Linear (Fig. 5).

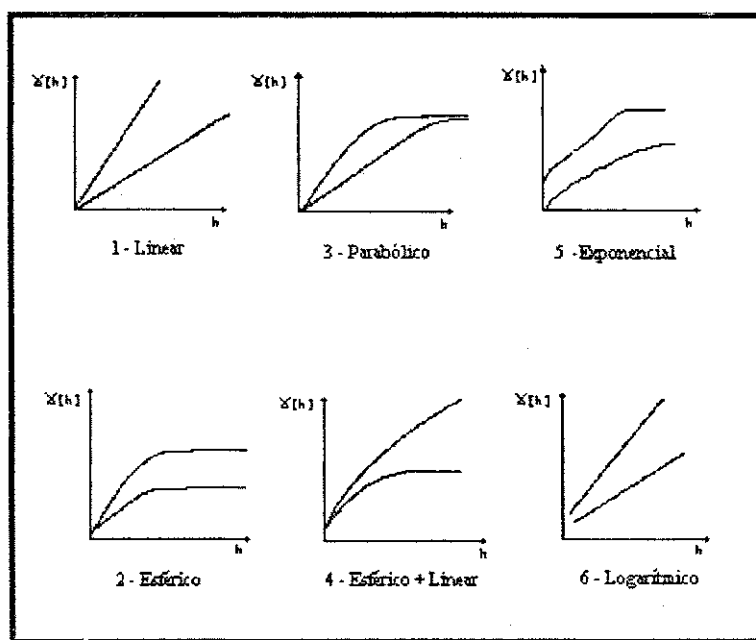


FIGURA 5 – Principais modelos de Variogramas Teóricos.

No processo de ajuste de variogramas teóricos a variogramas experimentais, utilizou-se a forma matemática teórica mais empregada na mineração a nível mundial e o mais comum de todos os modelos, o Modelo Esférico, também denominado Modelo Transitivo ou de Matheron. Esse esquema teórico apresenta como principais características, um crescimento rápido na origem e presença de patamar ($C_0 + C$), correspondendo o lugar onde o variograma experimental se estabiliza.

De acordo com Journel & Huijbregts (1978), a expressão matemática dessa função de distribuição pode ser representada como:

$$\lambda(r) = C_0 + C \left\{ \frac{3}{2} \frac{r}{a} - \frac{1}{2} \frac{r^3}{a^3} \right\}, \quad \forall r \in [0, a]$$

$$l = \text{patamar}, \quad \forall r \geq a$$

Onde:

$$\left\{ \begin{array}{l} r = \text{distância} \\ C_0 = \text{efeito pepita} \\ C = \text{Patamar} \\ a = \text{área de influência} \end{array} \right.$$

Essa função é caracterizada por três grandezas principais (Fig. 6):

Alcance ou Amplitude (a) que representa a distância de influência de cada amostra. Obtém-se esse valor traçando uma perpendicular na região onde o variograma experimental se estabiliza, em seguida, lê-se no eixo h o valor do alcance.

Efeito Pepita (C_0) corresponde ao somatório dos erros humanos cometidos, com os desvios resultantes de estruturas existentes na jazida. Esse parâmetro é obtido pela intercessão da reta inicial com o eixo das ordenadas $\lambda(h)$.

Variância Espacial (C). É obtido de $C = (C_0 + C) - C_0$.

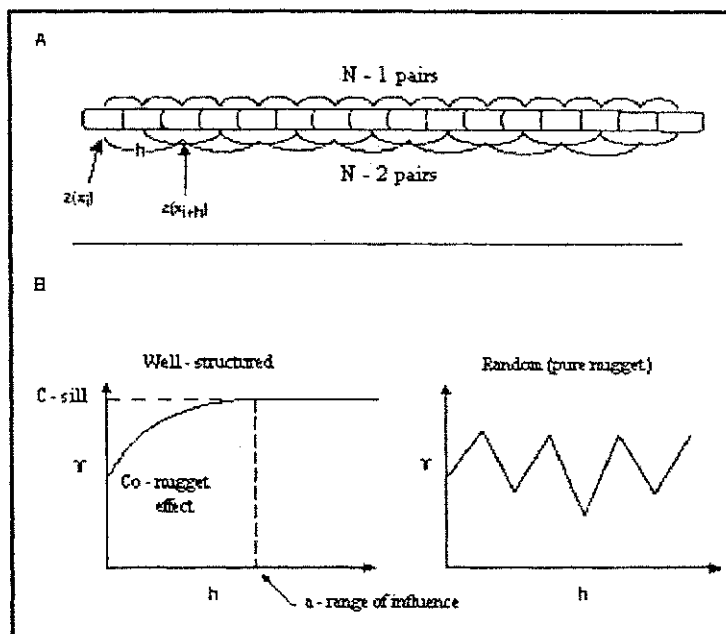


FIGURA 6 – Resumo das principais características dos Variogramas. (A) cálculo por número de pares; (B) conceitos de zona de influência e efeito pepita (Fonte: Newton *et al.*, 1997).

Deraisme & Fouquet (1996), afirmam que a qualidade nos resultados depende muito mais da análise dos dados (em particular cabendo ao modelo variográfico do fenômeno) do que as etapas seguintes de Krigagem e Simulação geoestatística. Entretanto, para haver confiabilidade no estudo dos depósitos de ouro, antes de tudo, é necessário a descrição das características espaciais do fenômeno, e de preferência se utilizar um *software* que forneça muitos recursos (desempenho rigoroso na configuração das hipóteses e verificação das diferentes etapas do estudo com uso de métodos apropriados), e interatividade diante da análise dos dados e do modelo estrutural, permitindo que ocorra a evolução crescente de soluções relacionados aos problemas de exploração mineral.

Em muitos estudos geoestatísticos nos depósitos de ouro (Guibal, 1987; Schofield, 1988; Hadlow *et al.*, 1993 *apud* Newton *et al.*, 1997) houveram dificuldades em se obter um variograma bem estruturado sobre dados de teores, decorrentes das seguintes causas: i) Alto grau de distribuição assimétrica positiva entre os valores de teores auríferos; ii) Alta diferença na magnitude nos valores amostrais adjacentes. Isto é maior causa da alta

flutuação nos variogramas experimentais, conduzindo ao não reconhecimento das estruturas e a altos efeitos pepita. Segundo os mesmos, os critérios mais empregados para estabelecer e escolher a melhor direção de continuidade mineral nas análises variográficas são: o reconhecimento da estrutura variográfica; baixo efeito pepita diante de um patamar racional; quando a continuidade do ouro demonstrar longo alcance no variograma; suficiente número de pares de amostras para os cálculos variográficos.

Em fim, seria proveitoso e oportuno tecer alguns comentários conclusivos à respeito do que foi exposto acima:

- Ao se aplicar a geoestatística de forma a construir um modelo empírico de uma jazida, há de se ter grande volume de dados, para que inferências de estimação geológico-mineiras não se tornem errôneas. Outro fato verdadeiro, refere-se a questão tempo despendido ao emprego desse método estimativo, pois se ter ilusões de alcançar avaliações automáticas por existir aplicativos computacionais disponíveis, é um engano comum.

- Finalmente, essa ferramenta estimativa de técnicas refinadas por si só não é auto-suficiente, carece do bom senso de geólogos ou engenheiros de minas no que diz respeito a suas contribuições subjetivas coerentes na avaliação dos fenômenos observados.

2.2 – O Panorama Geo-Econômico do Ouro

No decorrer da história da humanidade, somente poucos minerais naturais despertaram tanto fascínio para as civilizações como o ouro. A incessante procura por este bem mineral possibilitou a descoberta e conquistas de terras (p. ex., da América do Sul por espanhóis e portugueses), seguidos de guerras que levaram ao extermínio de muitos povos. Este deslumbramento ainda permanece inalterado nos dias atuais, assim como em boa parte ao longo da história, graças as suas características peculiares, tornando-se de forma útil, principalmente, como objetos de adorno, obras de artesanato, na indústria elétrica/eletrônica, como ativo financeiro e unidade padrão no sistema monetário internacional.

A origem do ouro está associada a lendas e credices. Segundo Boyle (1979), certos autores mencionam Cadmus, o Fenício, como o seu descobridor. Porém, outros citam Thoas, como tendo encontrado nas montanhas da Trácia. Na mitologia grega, Mercúrio, filho de Júpiter, é atribuído como seu criador.

Os registros históricos indicam a descoberta pelo homem do mineral metálico ouro a partir do período Neolítico (8.000 a.C.), com seu apogeu estabelecido na Idade do Ferro (1.200 a.C.) (Damasceno, 1998). A retrospecto da produção, do período compreendido da Idade Antiga até o ano de 1997, revela a contribuição relevante na obtenção do metal (Tab.1).

TABELA 1- Produção aurífera no decorrer da Evolução Histórica

ANOS	PERÍODO	PRODUÇÃO (ton.)
3900 a.C. – 1000 d.C.	Idade Antiga	11.191
1001 d.C. – 1492 d.C.	Idade Média	1.538
1493 d.C. – 1700 d.C.	Idade Moderna	2.012
1701 d.C. – 1997 d.C.	Idade Contemporânea	67.636(1996)

Fonte: Modificado de Pinto (1981) e Sumário Mineral, DNPM (1972 - 1996) *apud* Ponte Neto & Ribeiro (1998).

Nas civilizações antigas, o ouro era proveniente de diversas regiões. Era produzido na Trácia, Frígia (Ásia Menor) e em Ofir (localidade das minas do rei Salomão). Grandes depósitos foram conhecidos na Lídia, em terras da atual Turquia, na Índia, China, e em outras localidades. Na Idade Média, as principais fontes, na Europa (estrutura econômica favorecida em virtude dos saques na América Central e do Sul), foram as minas localizadas na Áustria e Espanha. Nessa época, desenvolveu-se uma ciência pelo ouro estar tão valorizado, a Alquimia (tinha objetivo de transformar metais comuns em ouro), que posteriormente daria origem a Química. Ao ouro estava reservado o seu mais importante papel: o de padrão monetário nos sistemas de trocas entre nações, o que permitiu a expansão do comércio entre os mais diferentes países (Ramos, 1981).

As primeiras notícias sobre existência de ouro no Brasil, segundo Maron (1995), são de 1552. Com as descobertas mais significativas, no entanto, acontecendo no final do séc. XVII (1693/1695). No séc. XVIII, o Brasil tornou-se o primeiro produtor mundial de ouro. Já a partir da segunda metade do séc. XIX, a produção brasileira começou a declinar. No séc. XX, o Brasil responde por aproximadamente 3% da produção mundial, ocupando a sétima posição entre os Países mais produtores desse insumo.

Tanta exploração pode ser explicada pelas características excepcionais de qualidade desse metal precioso. Para isso, deve-se considerar certas particularidades importantes, entre as quais se pode salientar: a sua beleza intrínseca, o brilho característico, a raridade, a versatilidade ao ser trabalhado, que aparecem para revelar uma série de propriedades físicas (Tab.2), inerentes a esta substância mineral.

TABELA 2- Propriedades físicas e químicas do ouro

Símbolo	Au
Número Atômico	79
Peso Atômico	196 ; 197
Valência	0 ; 1 ; 3
Dimensão da Cella Unitária (Å)	a = 4.0786 ; Z = 4
Sistema de Cristalização	Isométrico
Raio Atômico (Å)	1.44
Brilho	Metálico
Densidade	16 - 19.3
Dureza pela escala de Mohs	2.5 a 3.0
Ponto de Fusão (°C)	1.063
Ponto de Ebulição (°C)	2.970
Densidade a Temperatura de 20°C (g/cm ³)	18.88
Densidade a 20°C (g/cm ³) – fundido	19.3
Condutividade Térmica a 20°C (cal/s/cm ² /0°C)	0.74

Fonte: Maron (1984).

O ouro é um elemento nativo, metálico, pertencente ao Grupo 1B da tabela periódica, cor característica amarela, macio, muito maleável, altamente resistente a corrosão e de peso específico alto (concentra-se em pequenos volumes, mais possui grande valor).

O ouro naturalmente está acompanhado com um ou outros elementos os quais apresenta afinidade química, como a prata, cobre, alumínio, chumbo, zinco, estanho, ferro, platina, paládio, telúrio, bismuto e arsênio, e pouca afinidade com antimônio (Boyle, 1979).

A cristalização do ouro dá-se na forma de: agregados, geminados ou reticulados, dendrítica, arborescente, filiforme, esponjosa, capilar, pepitas, placas, escamas, lâminas, palhetas, ramos e partículas finas (Barbet, 1988).

A quilatagem é uma forma de dizermos a medida de pureza do ouro, ou se não, a proporção de ouro que entre numa liga, sendo um termo bastante usado no setor

joalheiro. Na realidade, o ouro puro tem 24ct, mas poderá variar entre 22, 18, 14, 12 e 9ct. O ouro nativo pode conter 85 a 95% Au, o restante é constituído de Ag e Cu, ou entre outros elementos. O ouro 18ct tem $\frac{3}{4}$ desse metal e $\frac{1}{4}$ de outro elemento. As principais medidas de peso utilizadas nas comercializações são o grama (g.), a onça *troy* (lozt = 31.103486g.) e a libra *troy* (lbt = 0.37324172 kg) (Barbet, 1988).

No ano de 1997, os maiores produtores mundiais de ouro foram os países da África do sul, Estados Unidos, Austrália, Canadá, e China. O Brasil ocupa a décima colocação em termos produtivos (Tab. 3), segundo dados da *Gold'98*. Somente a oferta dos vinte países mais produtores de ouro, equívaleu a aproximadamente 2249.7 toneladas, durante o ano de 97 (*South African*, 1998).

TABELA 3- Os Países que obtiveram as maiores produções de ouro no ano de 1997

<i>Ranking</i>		<i>Países</i>	<i>Produção(t.)</i>	
1	(1)	África do Sul	489.2	(494.6)
2	(2)	Estados Unidos	351.4	(329.3)
3	(3)	Austrália	311.4	(289.5)
4	(4)	Canadá	168.5	(163.9)
5	(5)	China	156.8	(144.6)
6	(6)	Rússia	137.0	(132.8)
7	(7)	Indonésia	101.4	(92.1)
8	(8)	Uzbequistão	81.7	(78.3)
9	(9)	Peru	74.8	(64.8)
10	(10)	Brasil	59.1	(64.2)
11	(13)	Gana	55.7	(50.3)
12	(11)	Chile	52.9	(56.4)
13	(12)	PNG	49.9	(54.1)
14	(14)	Filipinas	33.8	(31.8)
15	(16)	México	26.1	(24.5)
16	(15)	Zimbabwe	24.3	(26.7)
17	(18)	Venezuela	21.0	(19.9)
18	(17)	Colômbia	20.6	(23.1)
19	(37)	Kirgistão	17.4	(4.1)
20	(29)	Mali	16.7	(6.6)

(Nota: dados de 1996).

Fonte: Informações provenientes da revista *South African op. cit.*

Entre os Países detentores das maiores reservas mundiais de ouro estão a África do Sul, Estados Unidos, Austrália, Rússia, Uzbequistão e Canadá. O Brasil, por sua vez, detém cerca de 3.6% das reservas mundiais (Brasil, 1997).

O ouro encontra-se presente em praticamente todos os ambientes geológicos e nos mais variados tipos de rochas, em proporções variáveis, informações estas, baseadas a partir de farta literatura sobre o assunto. A abundância relativa do ouro em certos tipos litológicos é: 0.03 ppm (0.03 g/t) nos arenitos e conglomerados; 0.004 ppm nos folhelhos; 0.003 ppm nos calcários; 0.007 ppm em gabros e basaltos; 0.005 ppm em dioritos e andesitos; 0.004 ppm nas ultrabásicas; 0.003 ppm nos granitos e riolitos e 0.005 ppm em solos. Quanto as classificações existentes para depósitos auríferos, três são as mais difundidas em termos de literatura: a de Bateman (1961), Simons & Prinz (1973) e de Boyle (1979) *apud* Barbet (1988).

De acordo esses autores, comparando as três classificações, os diferentes tipos de depósitos podem ser classificados em Primários (veios de quartzo e bonanzas) e Secundários (*placers*). Os depósitos Primários como: i) veios de quartzo hidrotermais; ii) substituição; iii) preenchimento de fraturas e contatos estratigráficos e; iv) metassomáticos de contato. Já os depósitos Secundários como *placers* jovens, antigos e marinhos.

Os custos da produção desse insumo mineral associados a forças competitivas entre os mercados, vem despertando interesse cada vez maior dentro do campo empresarial. O estudo realizado por Silva (1997), revelou que o custo operacional das minas de ouro no mundo (referindo-se ao custo direto da mina, excluindo-se os *royalties*, gastos de exploração, depreciação, amortização, exaustão entre outras despesas), é um parâmetro importante para se medir a lucratividade de qualquer jazida. O nível médio do custo operacional das maiores minas de ouro do Brasil está registrado em US\$ 198 a onça *troy*. Comprovando que o preço médio do ouro comercializado em onça *troy*, atualmente, gera uma margem significativa em relação aos custos envolvidos pelas empresas de mineração.

2.3- Geologia Regional

A área desta pesquisa está inserida na Província Estrutural Borborema (Fig. 7), cuja estruturação atual está relacionada a orogênese Brasileira, constituída por terrenos gnáissico-migmatíticos considerados arqueanos, faixas supracrustais proterozóicas e sedimentos fanerozóicos (Almeida, 1977).

De acordo com a classificação de Brito Neves (1975), a região de Cachoeira de Minas faz parte da unidade geotectônica de idade proterozóica, denominada Sistemas de Dobramentos Piancó-Alto Brígida (Fig. 8), composta por seqüências pelítico-psamítica com vulcanismo ácido e básico associado.

Estruturalmente, o Sistema Piancó-Alto Brígida, subdividi-se em dois amplos sinclínórios separados por um alto tectônico central, nas quais as estruturas são comandadas por sistemas de falhamentos. No sinclínório do norte o feixe de falhas paralelas de transcorrência dextrógira que compõem o Lineamento Patos comanda a estruturação E-W, enquanto o sinclínório ao sul a estruturação é comandada por sistemas de falhas de direção NE, com variações ENE, transcorrência levógira, sendo todas deslocadas e interrompidas pela Falha Juru (Dantas *et al.*, 1982).

A faixa de Dobramentos Piancó-Alto Brígida tem forma alongada com direção NE-SW e está limitado pelos maciços de Teixeira, Nova Floresta, Pernambuco-Alagoas e Rio-Piranhas. Restringe-se ao domínio Transnordestino de Santos *et al. apud* Schobbenhaus *et al.* (1984).

Esse sistema Piancó-Alto Brígida contém rochas de grau metamórfico que variam da fácies xisto-verde a anfibolito. O embasamento é do tipo gnáissico-migmatítico, sobreposto por uma seqüência terrígena, psamítica fina a média, basal, com intercalações irregulares de rochas pelíticas, e uma superior clástica fina e pelítico-psamítica fina, correspondendo ao Grupo Salgueiro e Cachoeirinha (Brito Neves, 1975).

O Pré-cambriano Superior está representado, de acordo com Dantas *et al.* (1982), por rochas alcali-sieníticas, ocorrendo também em Manaíra (PB) e Serra Talhada (PE). Já a faixa compreendida entre as regiões de Princesa Isabel-Juru, apresenta registros de atividade magmática fissural, imposto no limiar do fanerozóico (cambro-ordoviciano), decorrentes de ações diretas e indiretas ligadas ao processo de deriva continental.

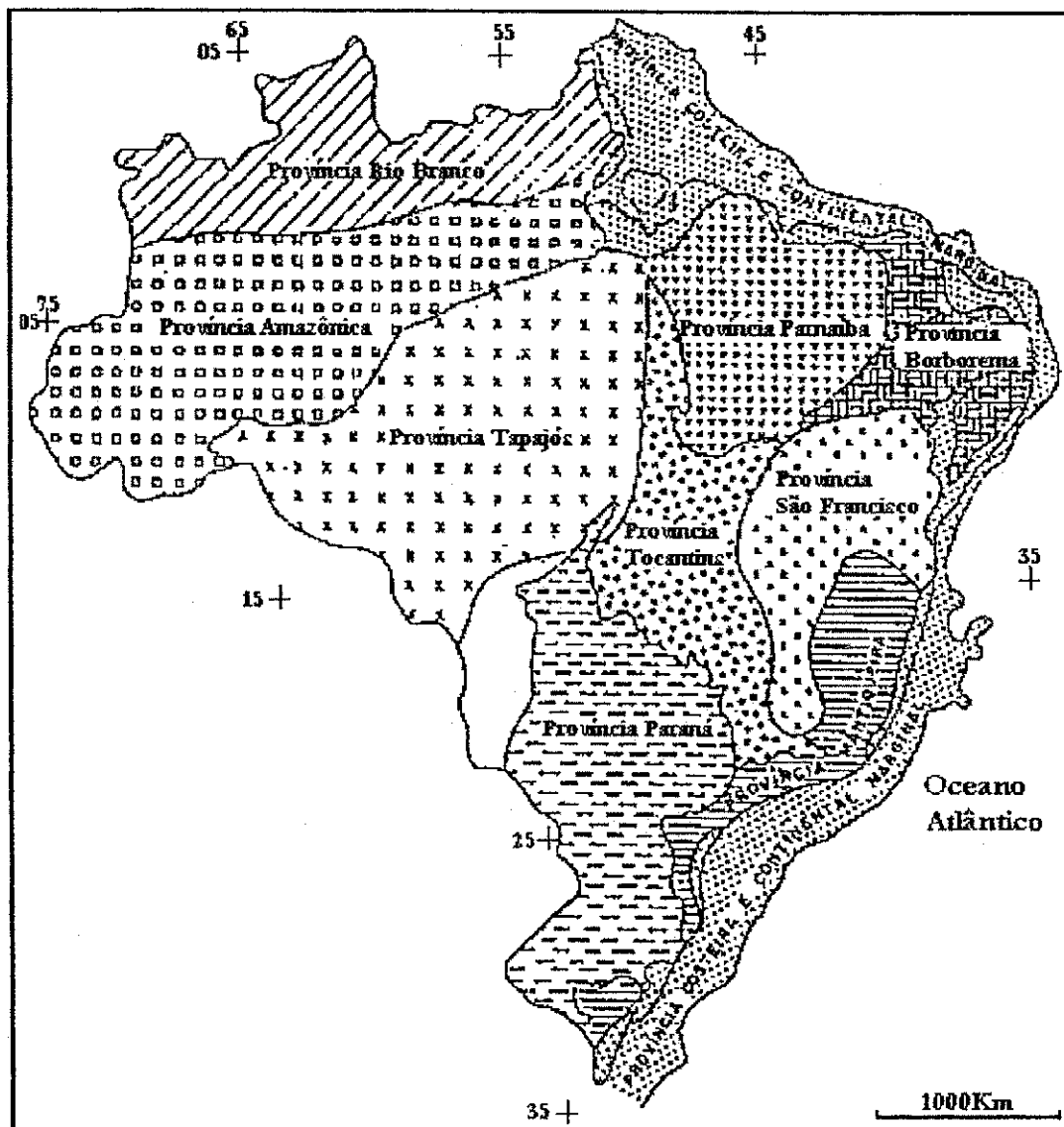


FIGURA 7- Províncias Estruturais do Brasil (Almeida, 1977).

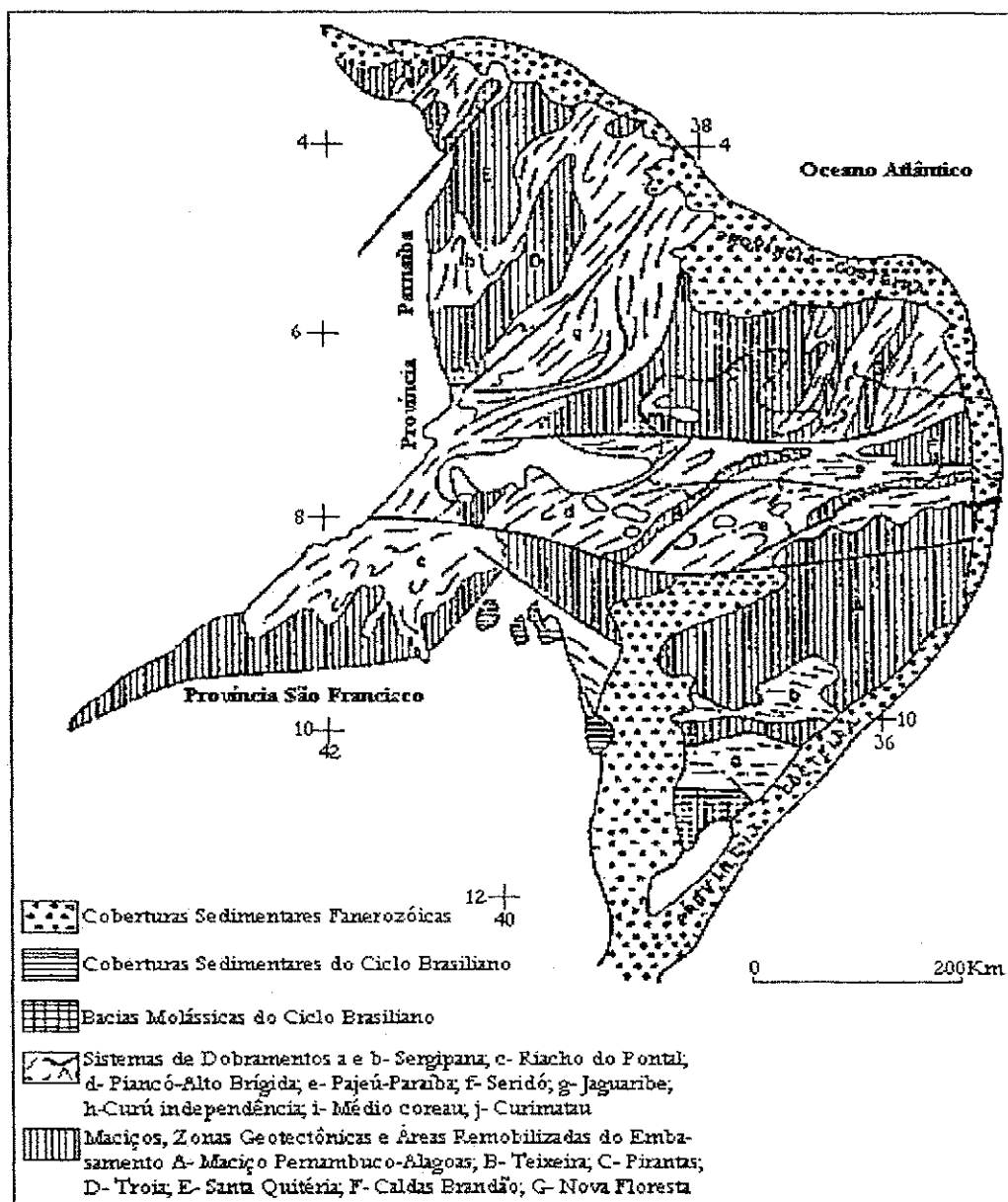


FIGURA 8- Provincia Estrutural da Borborema (Brito Neves, 1975).

No Estado da Paraíba, as explorações em filões e aluviões portadores de ouro iniciaram no século passado com atividades de garimpagem na região de Princesa Isabel. O DNPM (entre 1967-1968) pesquisou através de furos de sonda as ocorrências de ouro em aluviões no vale do Rio Piancó, na época de acordo com as investigações, o ouro não apresentava teores satisfatórios para ser lavrado economicamente¹ (Brasil, 1979, p.56).

O potencial aurífero da região de Cachoeira de Minas (sudoeste da Paraíba) já estava reconhecido desde 1864, de acordo com os estudos do engenheiro inglês E. Willianson (1868) *apud* Oliveira *et al.* (1982), referente a geologia das regiões de potencial aurífero da Paraíba e Pernambuco, e também atentando na ocasião, para as ocorrências de ouro aluvionar no Rio das Bruscas. O mais completo relato sobre as ocorrências de ouro existentes na região foram citadas pelo geólogo Luciano Jacques de Moraes em 1924 (Oliveira *et al.*, 1984).

No início da década de 80, o PROJETO RADAMBRASIL finalizou a campanha de levantamentos dos recursos naturais das Folhas SB.24/25 Jaguaribe/Natal, em escala 1:1.000.000. O setor Cachoeira de Minas localiza-se na Folha Serra Talhada, SB.24-Z-C, na escala 1:250.000 (Brasil, 1981).

Os estudos realizados por França *et al.* (1981) chegaram a classificar algumas áreas, inclusive Cachoeira de Minas, como fazendo parte da “Zona Metalogenética Seridó-Cachoeirinha”, de importância reconhecida pelo seu potencial mineral aurífero. Essa unidade metalogenética ocupa e é constituída pelos Grupos Salgueiro e Cachoeirinha.

Esta região ficou conhecida como um dos principais depósitos minerais do nordeste oriental. A área é abrangida por unidades lito-estratigráficas de idades precambrianas (Complexo Gnáissico- Migmatítico, Grupo Cachoeirinha e Rochas Ígneas Intrusivas) e quaternária (aluviões). Os depósitos aluvionares são classificados como pouco expressivos e restritos, sendo que os *placers* auríferos, contidos em aluviões e solos, de maior importância encontram-se situados no vale dos Rio das Bruscas (Brasil, 1984, p.204-213).

Dantas *et al.* (1982), concluem o Mapa Geológico do Estado da Paraíba (em escala 1:50.000) e texto explicativo, imprimindo um avanço significativo para o conhecimento geológico no Estado.

²Essas conclusões basearam-se no preço do ouro vigente na época, que era US\$35.00 por *onça-troy* (equivalente a 31,103 g.). Atualmente, esse valor é oito vezes mais elevado.

De acordo com Oliveira *et al.* (1982), os aluviões são caracterizados por sedimentos de calhas de rio, sendo mais freqüentes os depósitos de areia, cascalhos e pequenas acumulações argilosas. As concentrações aluvionares se fazem presentes no trecho do rio Piancó, e na confluência em dois de seus maiores tributários, rio das Bruscas e Gravatá, onde nota-se *placers* auríferos possíveis de serem explorados. As mineralizações em solos situam-se próximas as fontes primárias, contendo concentrações de ouro detritico. Os solos elúvio-colúviais apresentam maior conteúdo em ouro.

Em Brito *et al.* (1986a), a avaliação comparativa dos resultados das análises obtidas nas áreas do Covico e do Farias, permitiu diferenciar o conteúdo aurífero entre elas, com variação positiva acentuada favorável à área do Farias nas amostras de minério, e outra variação positiva em favor da área do Covico nas amostras de solo. As análises químicas das amostras de minério, revelaram ainda, que o conteúdo de ouro aumenta à medida que se alcança no terreno cotas topográficas mais elevadas seguindo-se a faixa de ocorrência do filão principal. A composição mineralógica na faixa aurífera do Covico consta de: quartzo branco, quantidades menores de limonita, goethita, pirita, calcopirita, galena, marcassita, cerusita, esfalerita, arsenopirita, silicatos, ouro, prata e cobre. O ouro, em geral, se apresenta com granulação muito fina, nos interstícios, fraturas e cavidades da pirita e do quartzo, enquanto a prata está associada a galena ou ao próprio ouro. O conteúdo de ouro no filão alcançou valores desde traços até próximos de 35 g/t, com média de 3.65 g/t em todas as amostras coletas.

Brito (1986b, p.35), descreve que em Cachoeira de Minas as mineralizações auríferas primárias, de um modo geral, apresentam-se em veios de quartzo branco sulfetados, concentrados em microfraturas, cavidades e massas ferruginosas, com teores desde traços até 38 g/t e veios de espessura variando de 0.05 m até 1.20 m. Já o ouro aluvionar ocorre em *placers* depositados em calhas e margens de alguns cursos d'água que drenam as áreas mineralizadas.

Segundo Brito (1986c, p.23), o suporte aurífero em Cachoeira de Minas está contido em veios de quartzo, fraturados e impregnados de óxido de ferro e contendo partículas de ouro, sendo comum também ocorrer em microfraturas do quartzo e de cristais de pirita, em massas ferruginosas superficiais e ainda disseminado em rochas encaixantes. Entre as associações mineralógicas comuns aos filões incluem-se além do ouro, pirita, galena, esfalerita, calcopirita, arsenopirita, cobre nativo e principalmente limonita.

De acordo com Silva *et al.* (1989), os aluviões contendo mineralizações auríferas detríticas, dispõem-se em faixas estreitas e descontínuas ao longo dos cursos d'água, situados ao longo das áreas do riacho Bruscas (entre o córrego Pinga e o riacho Cacimbinha) e da Grotta do Conrado. Esses depósitos são representados por cascalheiras e areais formando depósitos de canal, de planície e de terraço. Agora, quanto ao posicionamento dos veios de quartzo mineralizados, o mesmo admite que os corpos estejam relacionados a um magmatismo ácido, representados pelos granitóides presentes na região, como também a magmatismo máfico-ultramáfico, retratado por relictos inclusos no Complexo Gnáissico-Migmatítico e nos diversos corpos anfibolíticos aflorantes.

Melo Jr. *et al.* (1995), afirmam que a alteração hidrotermal das rochas encaixantes foi um processo de grande importância para a instalação das mineralizações auríferas que compõem os veios, além de causar a deposição de sílica, enxofre e metais base no distrito de Cachoeira de Minas. Além do mais, a deposição dos veios mineralizados foram fortemente controlados estruturalmente segundo segmentos preferenciais das zonas de cisalhamentos e também pelas propriedades químicas das rochas hospedeiras.

A Província Estrutural do Borborema (NE do Brasil) contém diversos exemplos de zonas de cisalhamento (Fig. 9) hospedeiras de mineralizações de ouro associados a veios de quartzo em terrenos de embasamento Arqueano. As feições tectônicas responsáveis pela instalação de importantes depósitos minerais e de servir de condutos dos fluidos mineralizantes são: i) sistemas de falhas transcorrentes (*strike-slip fault system*) e; ii) extensivas atividades de magmatismos graníticos cálcio-alcalinos, que originaram-se no Brasiliano, relacionados com o evento tectônico Pan-Africano (0.9 – 0.5 Ga). As regiões de Cachoeira de Minas e São Francisco são exemplos de depósitos ou ocorrências auríferas associados a zonas de cisalhamento, e de significativa exploração mineral em grande escala por mais de 50 anos (Coutinho, 1995).

Barbosa (1997), realizou estudos na região de Cachoeira de Minas/Itajubá/Itapetim, correspondendo a uma das áreas selecionadas, no nordeste oriental, para trabalhos de pesquisa pelo Programa Nacional de Prospecção de Ouro – PNPO, executado pela CPRM/PE. Na ocasião, classificou três tipos litológicos encontrados na área: i) filões de quartzo-auríferos relacionados a grandes lineamentos crustais, incluindo falhas e zonas de cisalhamento, sendo que essas zonas de cisalhamento

serviriam como condutos das mineralizações; ii) mineralizações sulfetadas em rochas sedimentares predominantes em relação a componente vulcânica, e; iii) *placers* recentes.

O estudo variográfico de teores de ouro realizado na região do Vale do Piancó-PB, por Vieira (1997), demonstrou que o metal encontra-se distribuído no solo em virtude direta dos veios mineralizados ocorrentes no setor, refletindo a heterogeneidade do material resultante da mistura de solos residuais com os solos mobilizados. Os teores de ouro em solo encontram-se variando de 9 ppb a 950 ppb, com teor médio de 52.08 ppb e variância de 10.858.

Já para Barbosa & Wanderley (1998), as mineralizações auríferas primárias de Cachoeira de Minas, distribuem-se ao longo de uma faixa de direção SW-NE, com 13 Km de extensão por 4 Km de largura, contidas em seqüências metavulcano-sedimentares e em rochas graníticas, que foram afetadas por cisalhamento rúptil-dúctil, no Brasiliano, e submetidas a forte hidrotermalismo.

Para Silva Filho *et al.* (1985) e Melo Jr. *et al.* (1995), as mineralizações de ouro associados a filões de quartzo, na região de Cachoeira de Minas (Folha Serra Talhada), podem resultar de segregação ou pertencer a fase hidrotermal relacionado a eventos magmáticos que atingiram esse setor.

Segundo Barbosa (1998), predominam regionalmente supracrustais de seqüências metassedimentares e metavulcanossedimentares, de idade proterozóica, pertencentes aos Grupos Cachoeirinha e Salgueiro, de Barbosa (1970) *apud* Barbosa *op. cit.*, e aos complexos Riacho Gravatá e Poço dos Cachorros, de Campo Neto *et al.* (1994) *apud* Barbosa *op. cit.*, além de intrusões de corpos granitóides (Fig. 10). O arcabouço tectônico regional reflete uma grande mobilidade proterozóica, e o seu modelado atual foi implantado através de um regime dúctil transcorrente, culminando com a implantação de zonas de cisalhamento transcorrentes, na orogênese Brasiliana. As zonas de cisalhamento constituem, por vezes, limites de domínios tectônicos reconhecidos regionalmente, estando a área desse estudo encravada na zona transversal de Ebert (1962) *apud* Barbosa *op. cit.*, ou domínio tectônico Rio Pajeú, de Campos Neto *et al.* (*op. cit.*), posicionando-se entre os lineamentos de Patos e de Pernambuco.

O estudo sobre a gênese das mineralizações auríferas, realizados por Barbosa (1998), revelou que quando as rochas metadacíticas hospedeiras do filão Farias, progressivamente, se transformaram em quartzo-muscovita xisto, acarretou a deposição de sílica, enxofre, metais base e ouro para compor os veios. Além disso, o mecanismo

hidrotermal provocou a extração de elementos maiores originalmente presentes na encaixante, que interagiram com as soluções mineralizantes favorecendo a deposição do ouro. A distribuição dos veios mineralizados segundo segmentos preferenciais baseia-se em controles estruturais gerados em zonas de cisalhamento, e ainda também, pode ter sido controlado pelas propriedades químicas das rochas hospedeiras.

As unidades lito-estratigráficas diretamente envolvidas com as mineralizações auríferas primárias da região de Cachoeira de Minas, estão representadas por seqüências metassedimentares (Mesoproterozóico) e granitóides (Neoproterozóico) (Fig. 11). As seqüências metassedimentares e rochas granitóides foram afetadas por cisalhamento rúptil-dúctil e dúctil no Brasiliano (Barbosa, 1998).

A intensificação de estudos geológicos de caráter regional e/ou de detalhe na região sudoeste da Paraíba, acarretou grandes conhecimentos na escala lito-estratigráfica, proporcionando o surgimento de vários modelos estratigráficos elaborados: Dantas *et al.* (1982), Pires *et al.* (1984), Brito *et al.* (1986), Silva *et al.* (1989), Veiga Júnior & Ferreira (1990), porém a coluna adotada neste trabalho é de autoria de Barbora (1998).

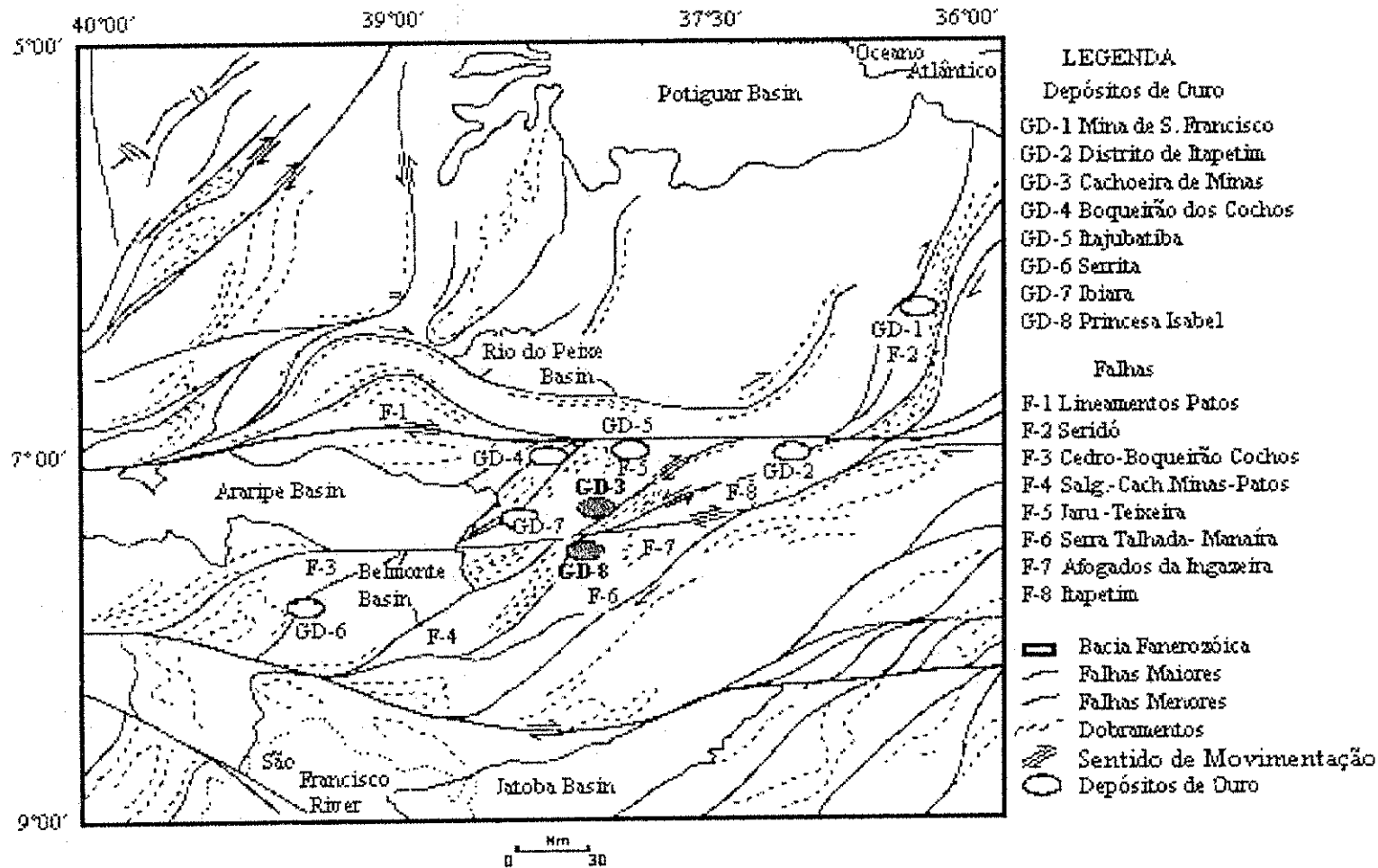


FIGURA 9 – Sistema de zonas de cisalhamentos na Província da Borborema e depósitos de ouro associados (Modificado de Coutinho, 1995).

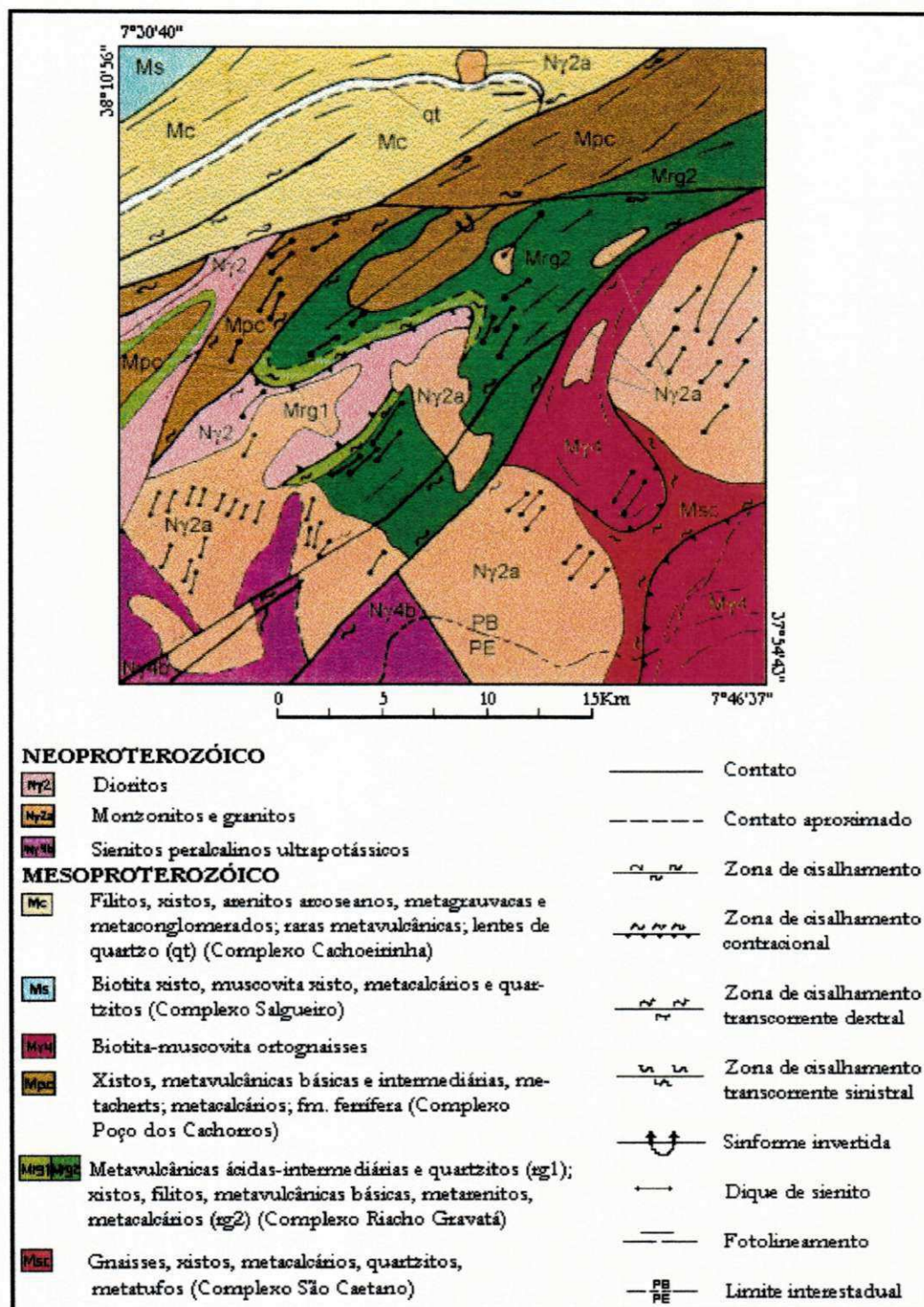


FIGURA 10– Mapa geológico de parte da Folha Serra Talhada (Modificado de Gomes, no Prelo *apud* Barbosa, 1998).

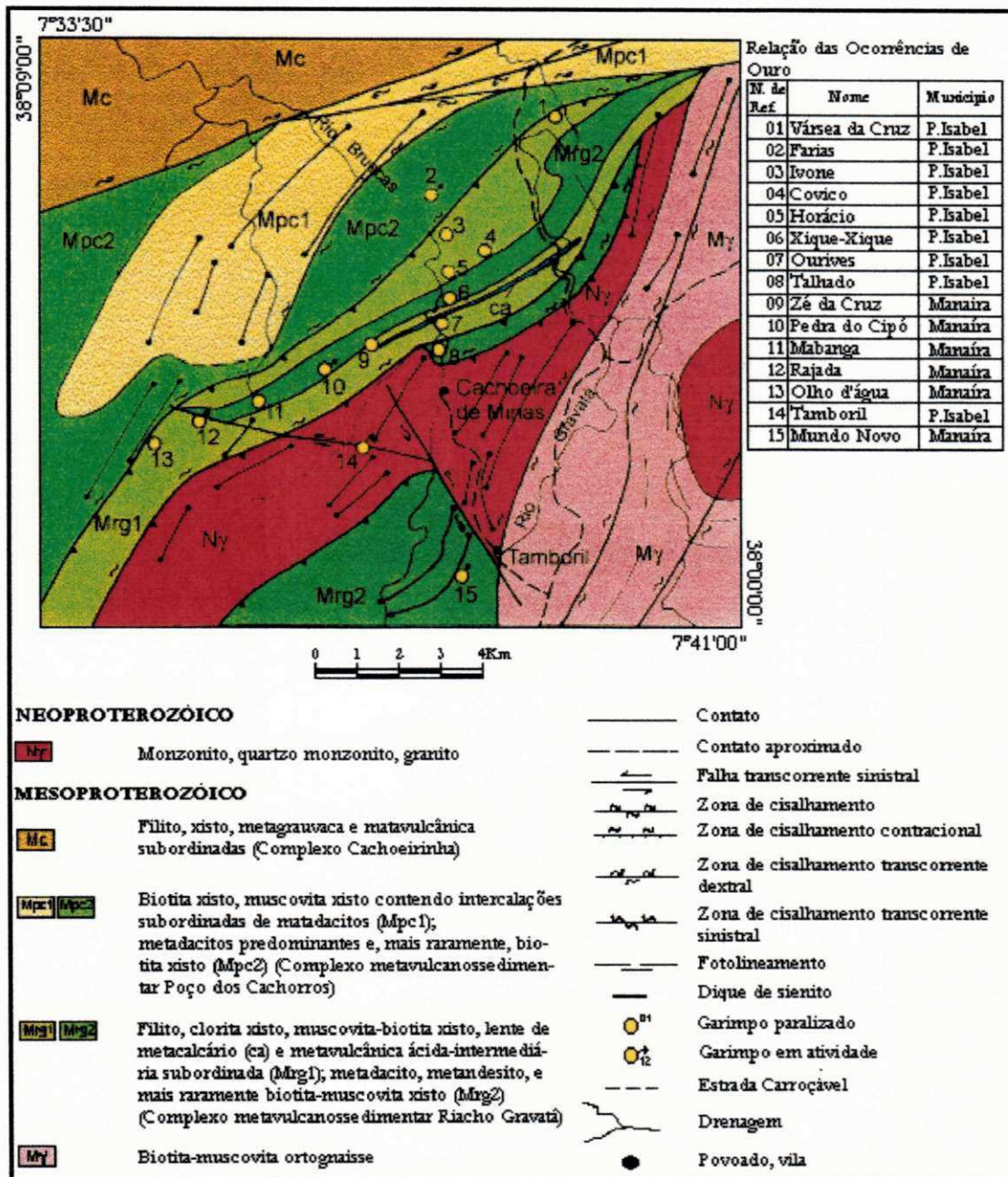


FIGURA 11— Mapa geológico da região de Cachoeira de Minas/PB (Barbosa, 1998).

3. MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

O planejamento que antecedeu a elaboração deste trabalho científico teve início a partir da escolha do assunto a ser abordado. Esta tarefa, a primeira vista, aparenta facilidade, mas exige seleção cuidadosa e bastante reflexão, pois implica na definição precisa do tema, compreensão clara do mesmo, embasamento teórico compatível com o assunto escolhido, e finalidades que se pretende alcançar.

Com a certa definição da delimitação do tema, na fase de programação do trabalho foram considerados os limites de tempo a serem empregados e necessários para a cobertura dos objetivos previamente traçados, assim como os limites geográficos da área abrangida nesse estudo.

Os passos seguintes a delimitação do tema, planejamento e programação desse trabalho, constaram da busca de informações, existentes ou não, sobre o assunto escolhido. Foram dispensadas consultas às bibliotecas, para o conhecimento dos acervos e obtenção dos documentos de interesse específico.

O manuseio e a utilização dispensada às principais fontes impressas de informações bibliográficas disponíveis, consultadas e adquiridas, constaram basicamente do acesso: a relatórios técnicos; livros e coleções; monografias, dissertações e teses; publicações periódicas; banco de dados comerciais disponíveis em disco compactos a laser (CD-ROM) como a GeoRef; e a base de dados acessíveis via rede (*online*).

Com a identificação do tema a ser desenvolvido e a seleção das fontes de informações disponíveis a serem consultadas, o levantamento bibliográfico específico foi a meta seguinte a ser cumprida.

O levantamento bibliográfico, obtido de forma manual ou informatizado, foi necessário e útil para a compreensão do tema escolhido e execução das demais etapas da pesquisa. Os itens pertinentes em cada bibliografia consultada, foram examinados e organizados obedecendo prioridades e interesses, partindo dos seguintes critérios de coleta: localização, obtenção e compilação das referências relevantes.

Para o posicionamento e representação geográfica e espacial do setor pesquisado, recorreu-se a consulta e obtenção de perfis, plantas topográficas, mapas geológicos, imagens de radar e de satélite, servindo a contento ao auxiliar as interpretações finais e conclusivas, e na visualização dos elementos morfológicos, geológico-geomorfológicos, e estruturais contidos no terreno, principalmente.

A determinação direta da atitude dos elementos estruturais presente nas rochas foi realizado por leituras de orientações através de bússola, modelo “*Brunton*”, instrumento que permite determinar a direção, sentido e ângulo de mergulho das estruturas geológicas.

O equipamento utilizado para registrar as localizações das áreas visitadas durante os trabalhos de campo, foi o receptor GPS (*Global Positioning System*), modelo “*Magellan 2000XL*”. Esse instrumento é capaz de captar, através de suas antenas, sinais eletromagnéticos emitidos por satélites. E quando há a combinação de pelo menos quatro satélites, é possível saber onde se encontra naquele exato momento.

Quanto ao armazenamento e processamento dos dados levantados na pesquisa, o instrumento facilitador escolhido para este tipo de tarefa foi o microcomputador, pertencente ao Laboratório de Informática do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, modelo AMD 586 de 100 MHZ com 32.0MB de RAM, operando com sistema operacional *Windows 98*.

Durante a realização dos trabalhos de campo em Princesa Isabel (PB), com duração de 15 (quinze) dias, percorreu-se as áreas dos garimpos da “Viúva” e “Buraco do Padre”, como são conhecidos as áreas do Setor Farias e Covico, respectivamente. Nessas locais, foram estudados os afloramentos naturais (dimensões dos corpos, tipo de litologias, identificação dos minerais, estruturas existentes, atitudes dos elementos estruturais, etc.), os aspectos geomorfológicos da área, as atividades de exploração do bem mineral, assim como, coleta de amostras de rochas, solos e sedimentos de corrente para posteriores análises desses materiais.

O aplicativo Geo-EAS (*geostatistical enviromental assessment software*), versão 1.2.1, foi escolhido para efetuar o tratamento dos dados. Trata-se de um *software* interativo (Fig. 12) contendo ferramentas que executam análises geoestatísticas nos dados disponíveis. Este aplicativo de domínio público e distribuído livremente, foi desenvolvido pela U.S. *Environmental Protection Agency, the Environmental Monitoring Systems*

Laboratory, situado em Las Vegas, e *Computer Sciences Corporation*, em cooperação com o Departamento de Ciências Aplicadas da Terra, da Universidade de Stanford.

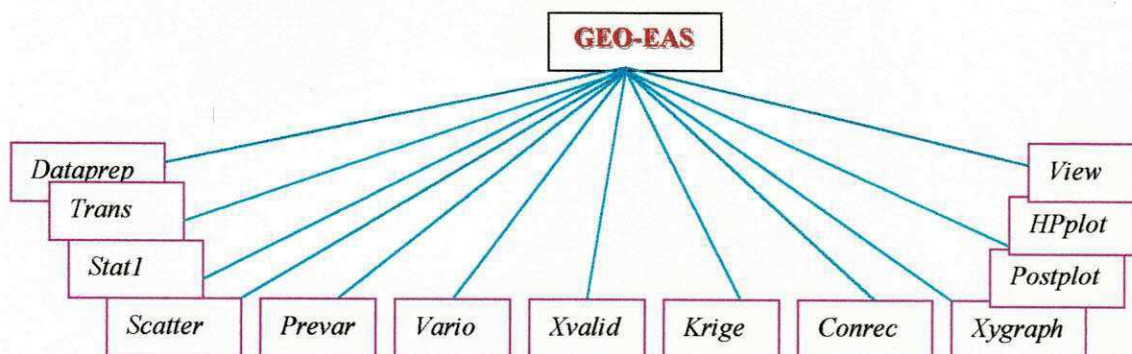


FIGURA 12 – Fluxograma das operações existentes no aplicativo Geo-Eas.

Os número total de observações envolvidas no tratamento geoestatístico constaram de: 571 amostras de solos (Anexo A) e 129 amostras de sedimentos de corrente auríferos (Anexo B), provenientes da região de Cachoeira de Minas, extraídas das redondezas dos veios de quartzo dos Setores Covico e Farias. As análises químicas realizadas nas amostras, foram feitas por laboratórios da SUDENE/CDRM-PB, dados esses disponíveis no mapa de amostragem de teores de ouro, anexo aos relatórios técnicos elaborados por Silva *et al.* (1989) e Oliveira *et al.* (1982).

De uma forma geral, os métodos envolvidos para a concretização desta dissertação envolveram ampla coleta bibliográfica sobre assuntos relacionados a ciência Geoestatística e outros trabalhos pertinentes à região investigada, tratamentos de dados mediante emprego de aplicativos computacionais, e finalizando, com interpretações e conclusões geológicas dos resultados produzidos.

A fim de alcançar os objetivos propostos, se fez necessário empregar quatro etapas indispensáveis ao andamento favorável deste trabalho: 1) levantamentos bibliográficos de textos técnicos sobre a área de pesquisa em livros, periódicos, e demais recursos disponíveis; 2) organização e análise sistemática dos dados quantitativos; 3) preparação dos dados e início dos tratamentos geoestatísticos com auxílio do aplicativo Geo-EAS (versão 1.2.1); 4) Interpretações geoestatísticas e geológicas apoiadas nas informações de campo.

Por fim, este trabalho de pesquisa, ainda, obedeceu os seguintes procedimentos, descritos à seguir:

- i) Levantamento das informações e dados pertinentes ao tema;
- ii) Aquisição dos dados em relação aos teores do metal com respectivas localizações geográficas (Anexo D);
- iii) Preparação de planilhas de dados com coordenadas geográficas de cada amostra;
- iv) Extração dos parâmetros estatísticos básicos para caracterizar a natureza da distribuição dos dados;
- v) Elaboração de variogramas experimental total e direcional;
- vi) Ajuste de variogramas teóricos sobre os experimentais;
- vii) Estimação e comparação dos teores de cada amostra (*Cross Validation*);
- viii) Interpretações geológicas dos resultados obtidos do modelamento geoestatístico;

Nas primeiras etapas de manuseio das amostras, se extraíram certos parâmetros estatísticos que possibilitam inferir considerações preliminares sobre os dados analisados, resultando no reconhecimento aparente da natureza da distribuição das observações envolvidas. Nesse estudo, as conclusões partem da análise do comportamento observado das amostras extraídas de uma população.

O termo população significa dizer que se trata de um conjunto total de elementos (existentes e possíveis) com características comuns. Já, o termo amostra equivale a um conjunto de elementos extraídos de uma população¹.

Qualquer que seja o estudo geoestatístico, inicia pelo cálculo e construção de modelos variográficos. Esses modelos servem para caracterizar a estrutura espacial, como por exemplo, da variação geoquímica de um determinado elemento no solo, entre outras variáveis. Em estudos geológicos e mineiros, os variogramas fornecem a possibilidade de determinação da continuidade (ou não) de uma determinada feição geológica. As observações mais aprofundadas sobre os tipos de variogramas serão abordados mais adiante no Capítulo 4.

¹ Anotações pessoais durante a realização da disciplina Introdução à Geoestatística.

A Validação Cruzada (*Cross Validation*), mencionada acima, é uma técnica de krigagem que testa o modelo variográfico. Essa ferramenta realiza a pesquisa da localização de cada amostra, de um determinado setor, com todas as outras amostras vizinhas, comparando e estimando os valores exatos das mesmas. A aplicabilidade dessa técnica fornece, preliminarmente, a primeira aproximação estimativa, tomando os teores como base, de um determinado depósito mineral.

4. COMPORTAMENTO GEOESTATÍSTICO DOS TEORES DE OURO EM SOLO E SEDIMENTOS DE CORRENTE

4.1. Análise Variográfica para Solos

O tratamento variográfico das amostras de ouro em solo da região de Cachoeira de Minas foi realizado a partir de três classes de amostras: a primeira classe, compreendendo todas as amostras de solos; a segunda e terceira classe, abrangendo os veios Farias e Covico.

As análises com solos compreenderam as etapas de tratamento estatístico básico e geoestatística. O método geoestatístico envolveu o modelamento variográfico, e posteriormente, processos de estimativas utilizando o método de Validação Cruzada (*Cross Validation*) por Krigagem.

Nos estudos estatísticos os parâmetros obtidos foram: a média, a variância, o desvio padrão, coeficiente de correlação, entre outros. Esses parâmetros mereceram atenção especial, pois ao serem analisados passam a representar uma primeira interpretação da natureza das distribuições ocorridas na jazida.

Durante os trabalhos geoestatísticos, fez-se uso de comparações entre os modelos de variogramas construídos em diferentes direções estruturais, com o objetivo de visualizar eventuais anisotropias, a zona de influências das amostras e o grau de variabilidade do minério.

A partir das 571 amostras de solos oriundas das regiões dos garimpos do Covico e Farias, realizou-se os cálculos dos variogramas incluindo todas as amostras com

valores extremos, e variogramas sem os extremos. A razão da divisão dos dados baseia-se na melhor seleção do modelo representativo das estruturas regionais (estudos de área), com posterior análise dos comportamentos e influências dos extremos nos variogramas.

As direções convencionais usadas nos variogramas foram, normalmente, 0°, 45°, 90° e 135°, valores estes empregados para se estimar os variogramas experimentais, e também, coincidentes com as direções de drenagens da região investigada, que atravessam os veios de quartzo auríferos, das áreas Farias e Covico, com direção preferencial NE-SW.

Com a definição do variograma experimental, ajusta-se por aproximação o variogramas teóricos, dos quais faz-se inferências com relação ao variograma verdadeiro para o depósito.

No capítulo à seguir, encontram-se os resultados da pesquisa, analisados e discutidos, separadamente para cada classe, visando se extrair informações relevantes do ponto de vista quantitativo e qualitativo nesse tipo de estudo.

4.1.1. Variograma Geral para os Teores de Solo

As descrições estatísticas básicas, resultantes dos valores analisados com todas as amostras de solos contendo valores extremos e sem extremos são apresentados na Tabela 4:

TABELA 4- Descrições estatísticas das amostras totais de solo

<i>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS</i>	<i>Valores Extremos</i>	<i>Valores Sem Extremos</i>
<i>Número de Observações</i>	571	514
<i>Teor Mínimo de Ouro (ppb)</i>	8.0	8.0
<i>Teor Máximo de Ouro (ppb)</i>	950.0	99.0
<i>Variância (S^2_x)</i>	10858.45	362.816
<i>Desvio Padrão (S_x)</i>	104.20	19.048
<i>Coefficiente de Variação(%)</i>	200.0	78.018
<i>Média dos Teores de Ouro (ppb)</i>	52.08	24.414
<i>Mediana dos Teores de Ouro (ppb)</i>	18.0	17.0

De acordo com os parâmetros estatísticos (Tab.4), as principais considerações quanto a natureza das populações e de suas distribuições são (Fig. 13):

a) Do total de amostras consideradas, o conjunto amostral observado enquadra-se na distribuição lognormal (Fig. 13a), compatível com distribuições de frequência de minerais de baixo teores (ouro), com a frequência de ocorrência de teores apresentando valores baixos sendo maior do que a frequência de teores com valores altos;

b) Em geral, os dados concentram-se na extremidade esquerda do gráfico, assim sendo denominada “Assimetria Positiva”, com valor de +4.493 de grau de assimetria (Fig. 13b);

c) Os parâmetros *Moda>Média>Mediana*, impõe a curva a característica “Leptocúrtica” (curva bastante pontiaguda e alta).

Para Barbosa Filho (1994), o desvio padrão é um poderoso instrumento de investigação, fator de classificação, dimensionador dos fatos, ao agrupar ou não uma população.

O desvio padrão foi o parâmetro que mais chamou a atenção quanto a natureza dos teores (valores na sua maioria baixos, mas contendo alguns dados extremos), por expressar um valor elevado (104.20). Isso leva a concluir que as amostras devem ser agrupadas separadamente, por estarem desviando do conjunto a que estão restritos. Assim, optou-se por dividir as amostras, mais adiante, de acordo com a influência dos veios Covico e Farias.

O valor elevado do Coeficiente de Variação (Tab. 4), indicou alto grau de irregularidade na distribuição de ouro no solo investigado. Esse tipo de depósito de ouro que ocorre em Cachoeira de Minas, pode ser considerado como um depósito irregular.

Observa-se, também, que os novos parâmetros extraídos para os valores sem extremos (média, variância, desvio padrão e coeficiente de correlação) encontram-se mais baixos. Isso implica diretamente num aumento da validade dos resultados alcançados, e conseqüentemente, na representatividade do universo amostral investigado.

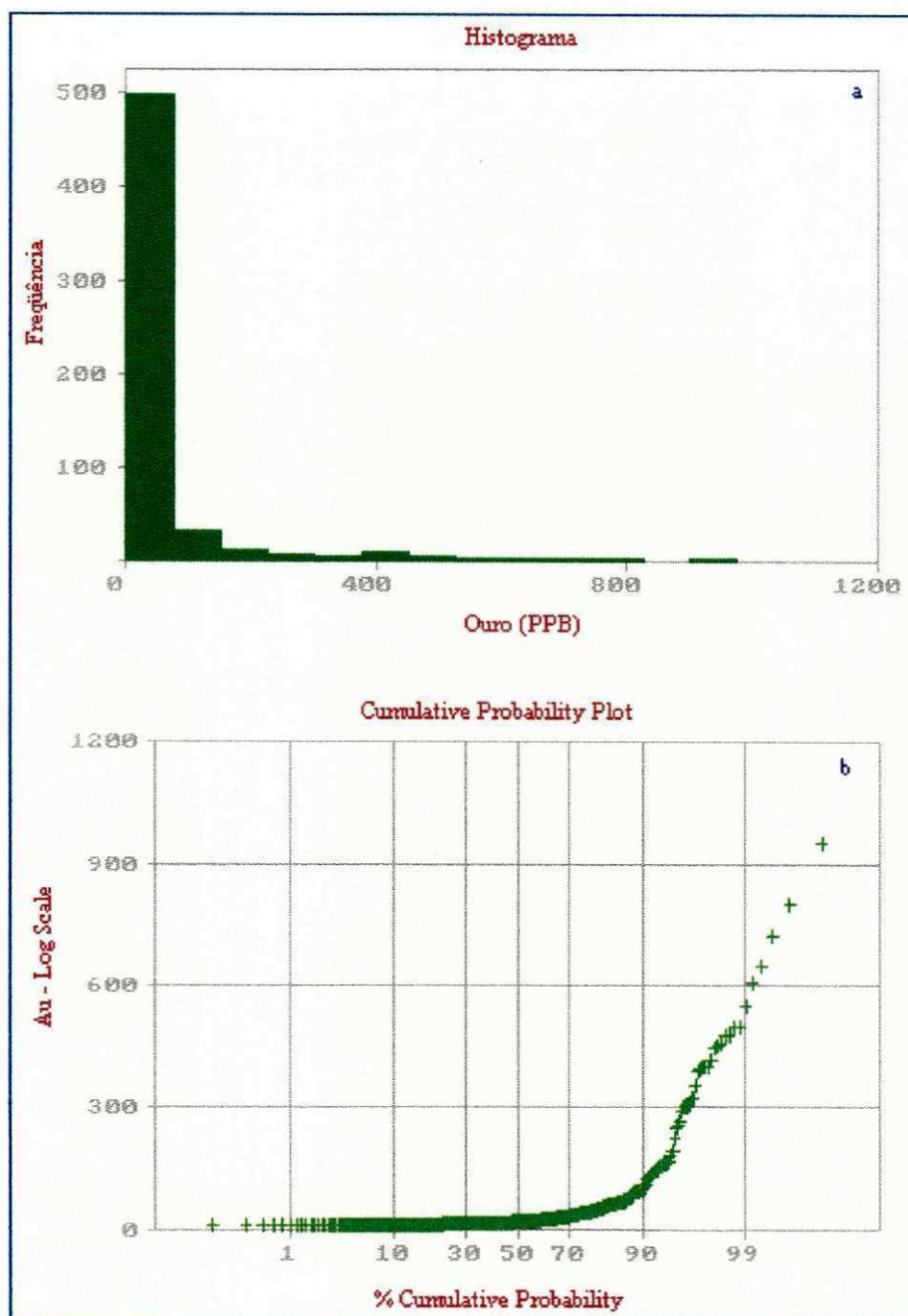


FIGURA 13- Representação gráfica das distribuições em solo; a: histograma de frequência simples; b: curva de probabilidade.

Os variogramas, experimental e teórico, obtidos apresentam as seguintes características (Fig. 14 e 15):

a) O modelo de variograma escolhido foi o esférico, de emprego mais comum na mineração e elaborado segundo as direções N-S e NE-SW (45°), com incremento de 300 m e 232,2 m respectivamente (Fig. 14A e 14B);

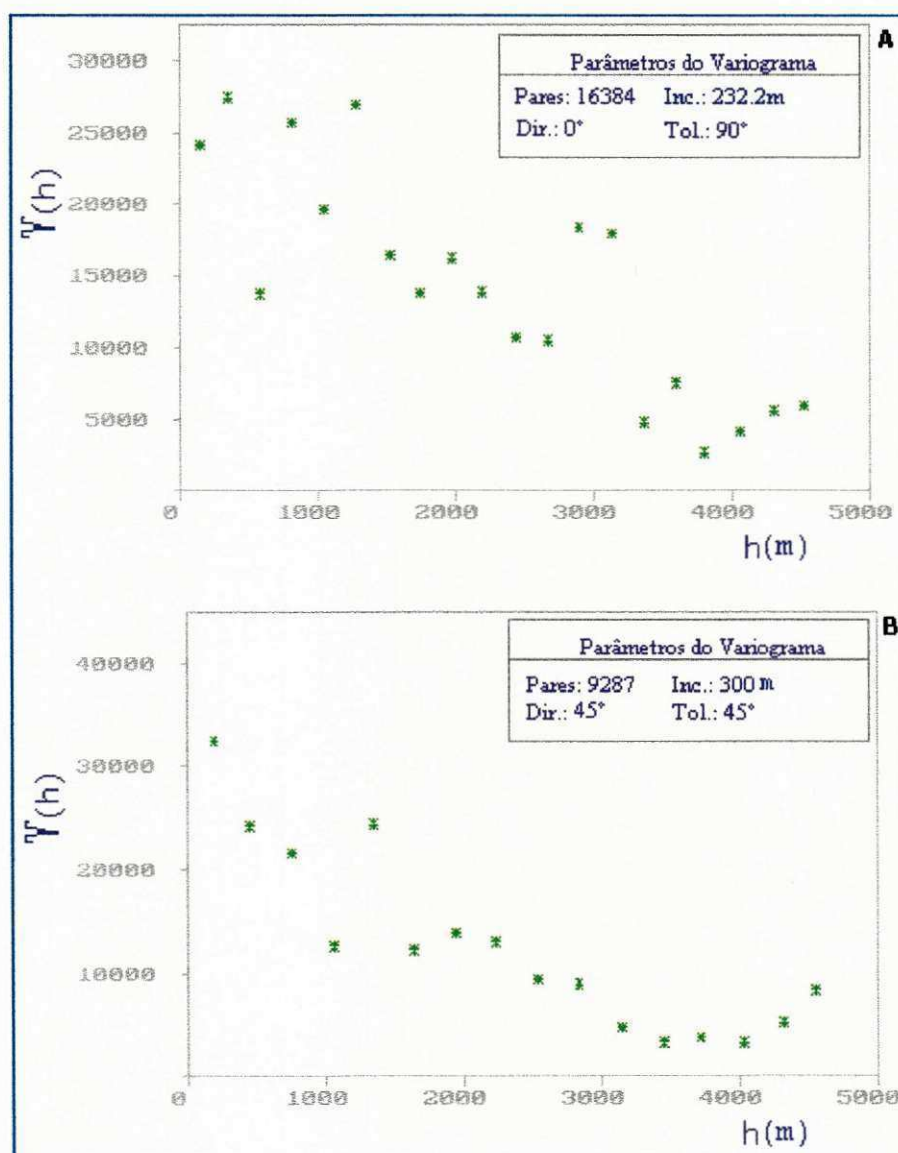


FIGURA 14- Variograma experimental para solos totais com valores extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Estrutura do depósito.

b) Os parâmetros do modelo teórico são: Efeito Pepita (7500), Alcance (1800m) e Patamar (6100) (Fig. 15) e a;

c) Trata-se do variograma mais confiável para a representação da estrutura do depósito em termos de teor, com número suficiente de pares de amostra;

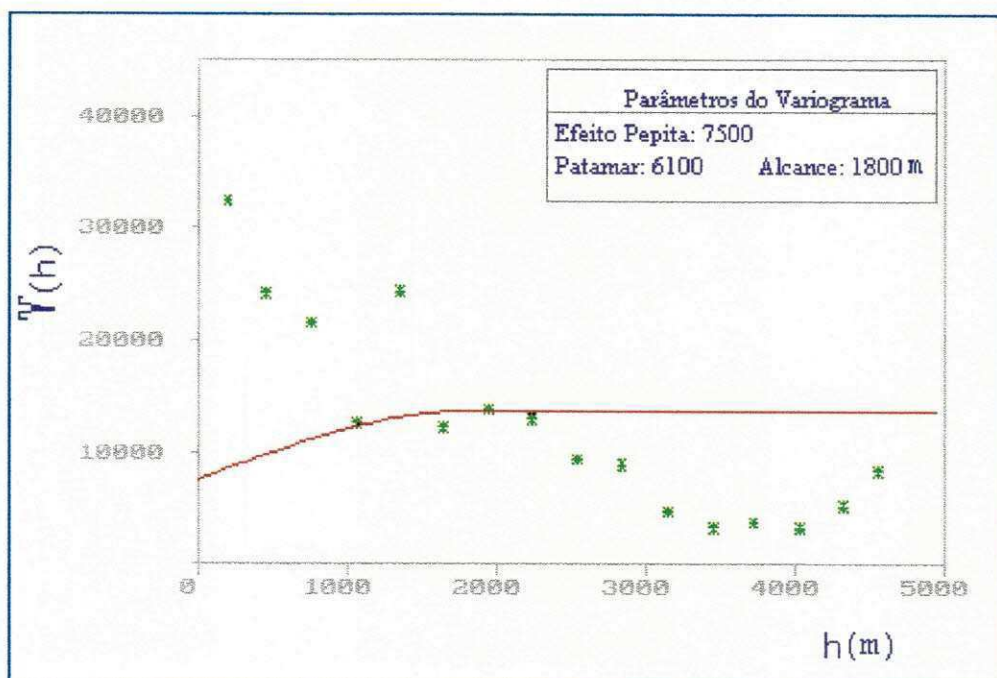


FIGURA 15- Representação do variograma teórico para solos totais com extremos e seus respectivos parâmetros.

Embora o número de pares utilizado no cálculo do variograma experimental sejam suficientes, no entanto, ocorreram flutuações estatísticas nas variâncias aleatórias. Por esta razão, para alcançar um modelo satisfatório variou-se o ângulo de tolerância, distância entre pares de amostras e a direção angular para atingir o maior número de pontos possíveis no campo geométrico definido.

Neste modelo obtém-se uma estrutura variográfica com comportamento, chamado de Efeito "Tou" (Efeito Buraco), bastante pronunciado, que representa uma variação alternada de altos e baixos teores ao longo daquela direção (Fig. 14B).

Em seguida foi ajustado o modelo teórico sobre o modelo experimental, e se definiu os parâmetros desse novo modelo (Fig. 15).

Quanto a influência dos valores extremos nota-se que eles introduzem certas distorções no parâmetros estatísticos e no comportamento assumido pela estrutura variográfica. Portanto, foram elaborados variogramas retirando-se os teores extremos dos dados (Fig. 16). Foram retirados teores acima de 100 ppb, cerca de 57 amostras de um total de 571, que representavam aproximadamente 10% dos dados, deixando os resultados com maior confiabilidade estatística e diminuição da margem de erro.

Como resultado, os variogramas já apresentaram melhor continuidade, em virtude, da qualidade na distribuição regular dos dados computados, apesar das distribuições de ouro ocorrerem de forma muito disseminada.

Com a eliminação dos valores extremos, o efeito pepita tende a diminuir, tornando possível a diminuição da variância aleatória.

A zona de influência foi outro parâmetro que de maneira significativa reduziu-se, quando comparado com variogramas construídos a partir das amostras totais.

O variograma teórico plotado esboçou um lento crescimento na função $\gamma(h)$ como também, efeito buraco pouco expressivo, com os valores cada vez mais distantes desenvolveu-se um comportamento discrepante correspondente à presença de tendências (fenômeno não estacionário, ascendente). Essas tendências não são observadas a pequenas distâncias (Fig. 16).

Ao finalizar as análises variográficas, recorre-se a validação cruzada (*cross validation*), que necessita dos parâmetros fornecidos pelos variogramas teóricos ajustados para as amostras totais de solos (Tab. 5).

Essa ferramenta envolve a estimação entre valores de cada amostra localizada na área, por krigagem de amostras das vizinhanças (excluindo o valor do ponto que está sendo estimado). As estimações são comparadas com as observações originais para se testar o modelo do variograma teórico e os parâmetros exatos da vizinhança para que reproduza a variabilidade espacial das observações amostrais (Englund & Sparks, 1988).

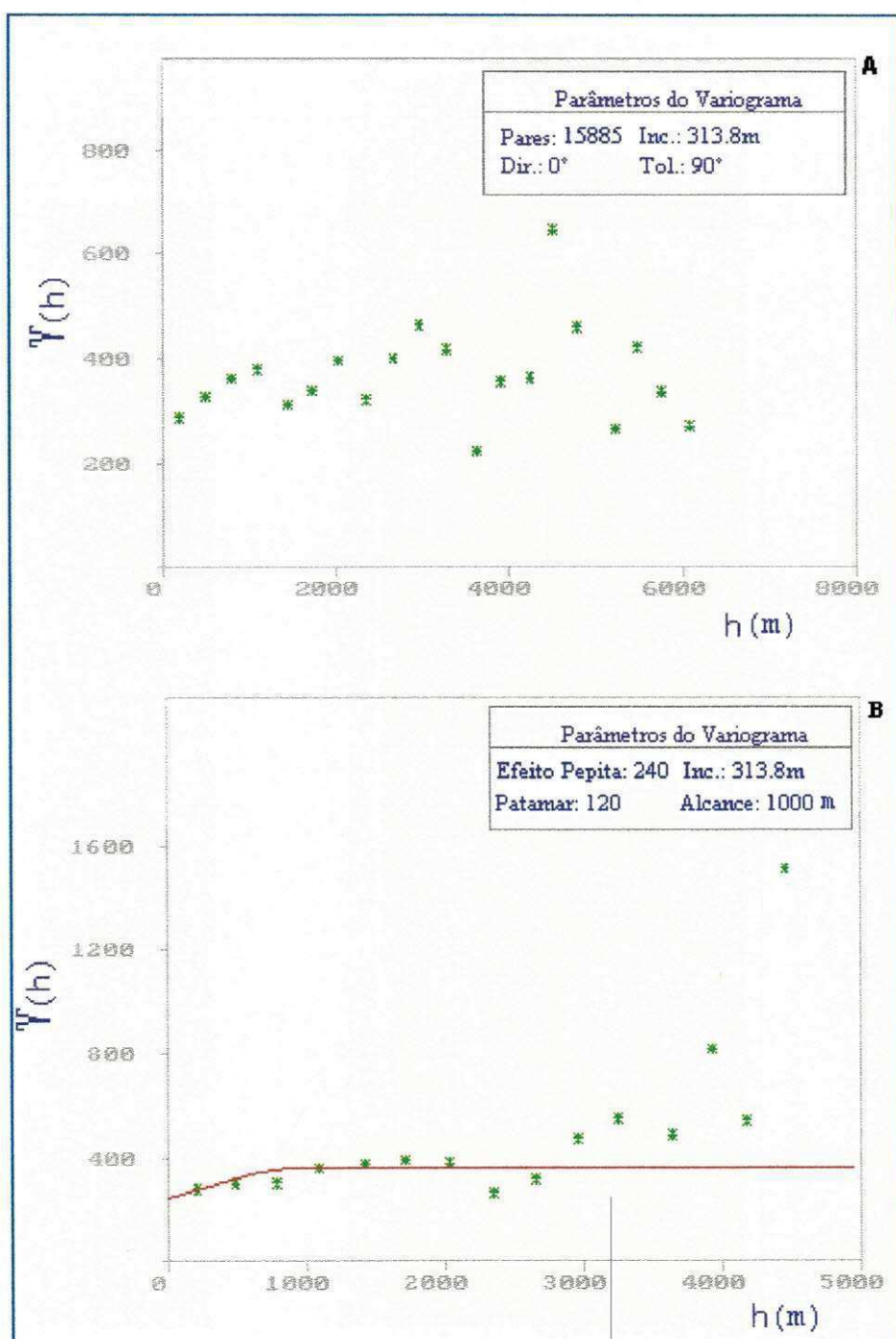


FIGURA 16- Variogramas de solos totais sem valores extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico, ajustado com direção de 30° e tolerância de 35°.

TABELA 5- Valores estatísticos da validação cruzada para as amostras de solo

Resultados XVALID				
	Valores Extremos		Valores sem Extremos	
	N.º Dados: 571	Nugget: 7500	N.º Dados: 514	Nugget: 240
	N.º Pares: 9287	Sill: 6100	N.º Pares: 6401	Sill: 1000
	Incremento: 300m	Range:1800m	Incremento:313.8m	Range:120m
<i>Média Observada</i>	52.1		24.4	
<i>Variância Observada</i>	10858.5		362.8	
<i>Média Estimada</i>	56.4		24.3	
<i>Variância Estimada</i>	3151.4		74.2	
<i>Variância do Erro</i>	10950.8		365.8	
<i>Variância da Krigagem</i>	6.4		0.2	
<i>Zscore</i>	0.04		0.0	

Ao se comparar os valores observados e estimados (Tab. 5), chega-se as seguintes conclusões:

i) A diferença entre as médias observada e estimada ou o erro, para solos contendo valores extremos, está bem acima do valor encontrado da diferença entre as médias, para solos sem esses extremos. Em termos práticos, isso significa que os parâmetros calculados sem a influência dos extremos, resultam uma margem de confiabilidade superior, implicando na melhor modelo do variograma direcional e total;

ii) A variância da krigagem revela o quanto os valores observados e estimados distanciam-se em relação as suas médias, nos dois casos apresentados, torna-se reduzido, refletindo diretamente em menores desvios na variância da krigagem. Os valores obtidos no Escore (*Zscore*) indicam que o erro entre os valores observados e estimados são muito pequenos;

iii) Quanto mais apropriado for o modelo variográfico, melhor será o resultado da krigagem (Fig. 17 e 18), onde cada ponto amostral passa a ser computado e associado por krigagem ordinária, sendo seus resultados expostos por símbolos que representam os valores estimados. Daí então, nota-se a distribuição espacial (2D) dos teores estimados de solo com suas respectivas localizações.

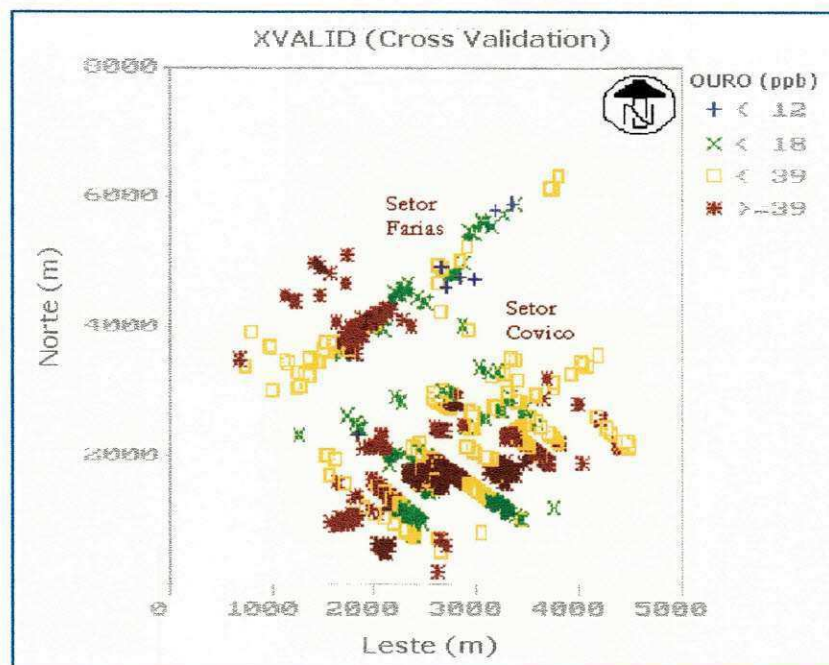


FIGURA 17- Teores krigados, pelo processo de validação cruzada, para solos com extremos.

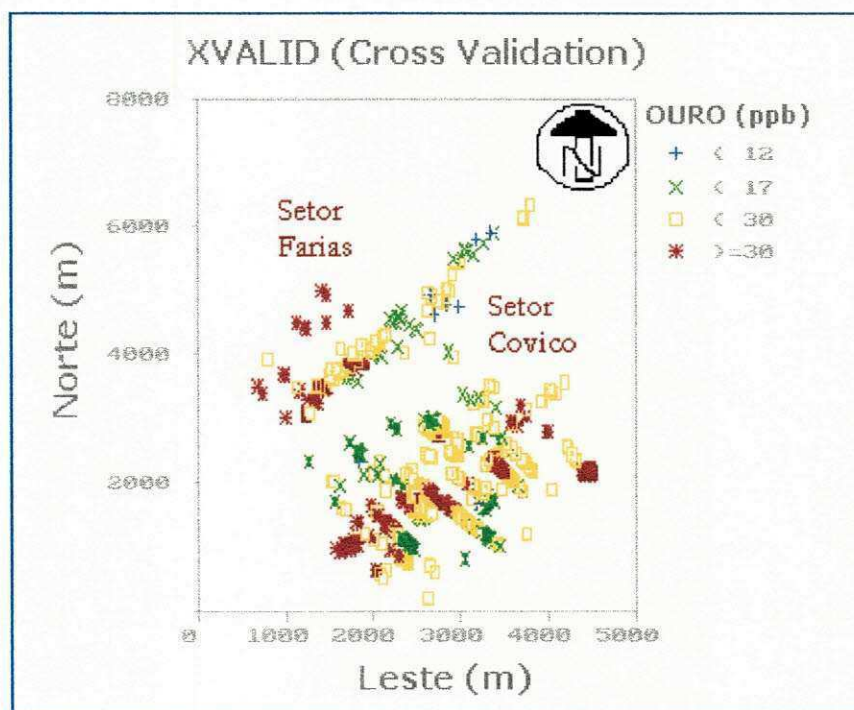


FIGURA 18- Teores krigados, pelo processo de validação cruzada, para solos sem extremos.

Nas Figuras 17 e 18, as tonalidades de cor ressaltam as diferentes simbologias, significando que classes de símbolos equivalem a amostras com mesmo intervalo de teores. É oportuno ressaltar, o padrão de concentração mineral de direção aproximada NE-SW, coincidente com a distribuição dos veios da região.

A maior representatividade quanto as classes de teores presentes nos horizontes de solo, ocorre no intervalo de até 39 ppb, seguida por classes de amostras contendo teores acima de 39 ppb (Fig. 17).

Enquanto para as amostras de solos sem extremos, a maior representatividade compreende os teores abaixo de 30 ppb (Fig. 18).

4.1.2. Setor Farias

No variograma de solo com todas as amostras da região, foi detectado a presença de duas estruturas no modelo. Com a finalidade de separar essas estruturas, optou-se por dividir o modelo por setores, para investigar a influência dos veios Farias e Covico sobre a distribuição de ouro nos solos associados com esses veios. Aqui será discutido a análise variográfica de solo do Setor Farias.

Sendo assim, os resultados do tratamento estatístico sobre as amostras do Setor Farias, contendo teores com valores extremos, e sem extremos, estão discriminados na Tabela 6:

TABELA 6- Descrições estatísticas das amostras de solo referentes ao Setor Farias

<i>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS</i>	<i>Valores Extremos</i>	<i>Valores Sem Extremos</i>
<i>Número de Observações</i>	155	139
<i>Teor Mínimo de Ouro (ppb)</i>	8.0	8.0
<i>Teor Máximo de Ouro (ppb)</i>	950.0	96.0
<i>Variância(S^2_x)</i>	19245.61	386.22
<i>Desvio Padrão(S_x)</i>	138.73	19.65
<i>Coefficiente de Variação(%)</i>	218.59	84.13
<i>Média dos Teores de Ouro (ppb)</i>	63.46	23.36
<i>Mediana dos Teores de Ouro (ppb)</i>	15.0	14.0

Entre as observações contidas na tabela, pode-se observar que entre os dados apresentados houveram expressivas diminuições quanto aos valores obtidos na variância, desvio padrão e coeficiente de variação, na retirada dos valores extremos. A presença dos extremos tendem a mascarar a verdadeira distribuição espacial, e exageram todos os parâmetros estatísticos.

Os melhores variogramas, experimental e o ajustado obtidos, para os dados com extremos, são representados na Figura 19:

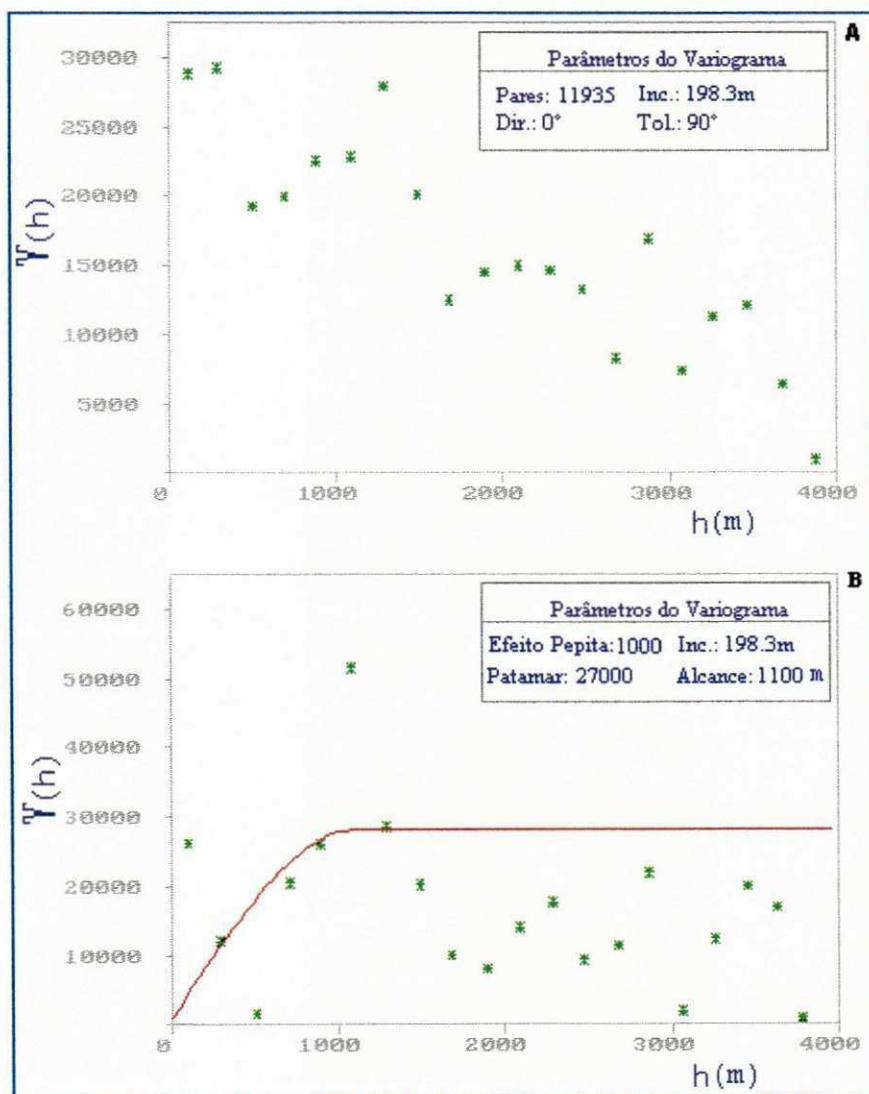


FIGURA 19- Variogramas de solos com extremos do Setor Farias; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico com direção de 135° e tolerância de 45°.

Ao se retirar os extremos que causam grande dispersão estatística, os variogramas sem "BIAS", para o Setor Farias, são mostrados na Figura 20:

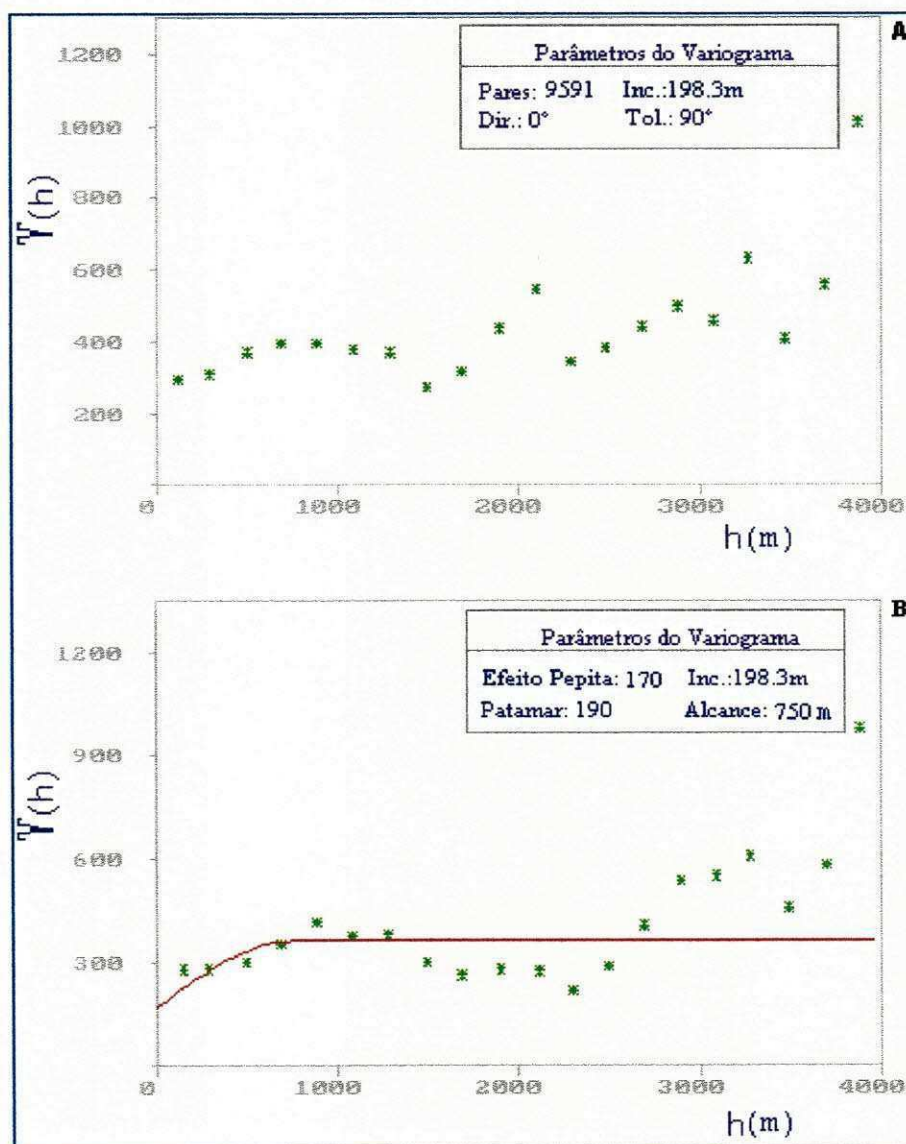


FIGURA 20- Variogramas de solos sem extremos do Setor Farias; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico com direção de 75° e tolerância de 30°.

Ambos os modelos variográficos apresentam estruturas satisfatórias e do tipo “efeito buraco”. Esses efeitos aparecerem em todas as direções e tolerâncias empregadas, e são resultado das características geológicas peculiares ao solo. Em resposta a menor variância estrutural, ocorreu queda no valor do alcance de 1100 m (Fig. 19) para 750 m (Fig. 20). A robustez desses variogramas podem ser conferidos nas dados apresentados no Anexo C.

Após a realização da análise de Validação Cruzada, os parâmetros extraídos desse processo encontram-se na Tabela 7.

TABELA 7- Validação Cruzada para amostras de solo do Setor Farias

Resultados XVALID				
	Valores Extremos		Valores sem Extremos	
	N.º Dados: 155	Nugget: 1000	N.º Dados: 139	Nugget: 170
	N.º Pares: 4889	Sill: 27000	N.º Pares: 3902	Sill: 190
	Incremento: 198.3m	Range:1100m	Incremento: 198.3m	Range:750m
<i>Média Observada</i>	63.5		23.4	
<i>Variância Observada</i>	19245.7		386.2	
<i>Média Estimada</i>	64.0		23.3	
<i>Variância Estimada</i>	7755.2		85.3	
<i>Variância do Erro</i>	17280.7		410.7	
<i>Variância da Krigagem</i>	356.5		1.1	
<i>Zscore</i>	0.04		0.0	

A validação cruzada entre os valores calculados demonstrou que o erro diminuiu, assim como, a variância da krigagem (erro) reduziu com a eliminação dos dados extremos, necessário para o decréscimo da variância observada e para melhoramentos do modelo.

A estimação por krigagem das amostras de solo sem extremos, para o Setor Farias, são expostos mediante emprego da análise de validação cruzada na Figura 21.

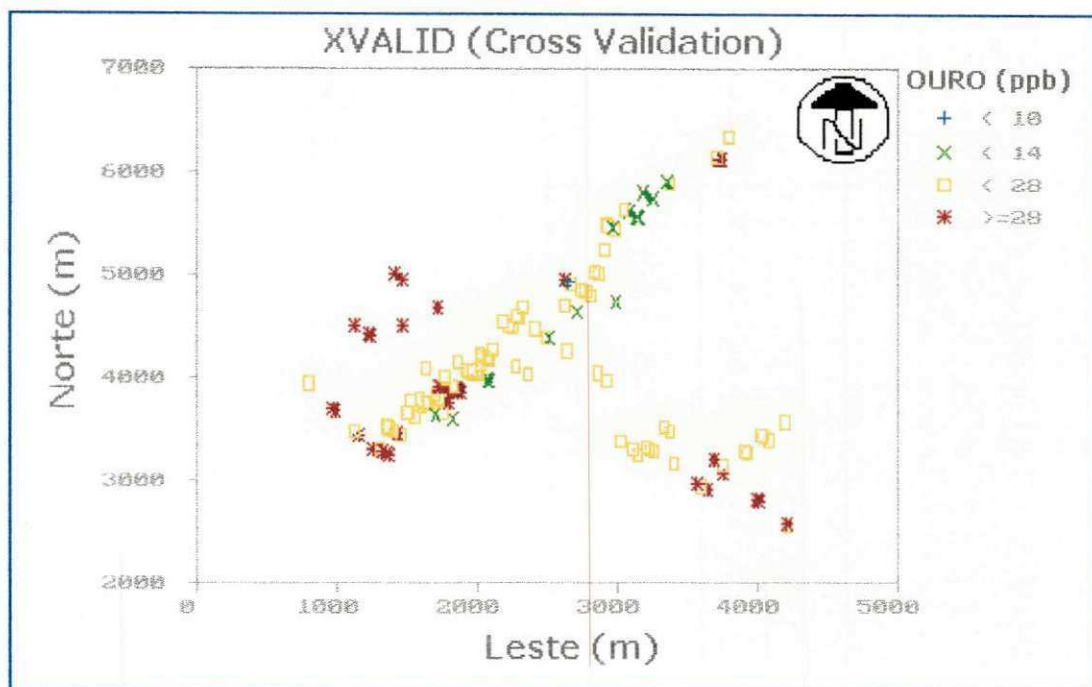


FIGURA 21- Teores krigados para solos sem extremos do Setor Farias.

Na Figura 21, de acordo com os cálculos de krigagem, os teores predominantes situam-se no intervalo menor que 28 ppb. Trata-se de uma estimativa confiável, haja visto a mínima distorção estatística encontrada para os dados sem os extremos.

4.1.3. *Setor Covico*

Foram realizadas análises variográficas do grupo de amostras de solos pertencentes ao Setor Covico. A Tabela 8 exibe os resultados decorrentes dos dados extraídos nessa região, levando-se em conta, inicialmente, amostras com extremos, e em seguida, os valores encontrados sem esses extremos.

TABELA 8- Descrições estatísticas das amostras de solo referentes ao Setor Covico

<i>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS</i>	<i>Valores Extremos</i>	<i>Valores Sem Extremos</i>
<i>Número de Observações</i>	<i>416</i>	<i>375</i>
<i>Teor Mínimo de Ouro (ppb)</i>	<i>9.0</i>	<i>9.0</i>
<i>Teor Máximo de Ouro (ppb)</i>	<i>720.0</i>	<i>99.0</i>
<i>Variância(S^2x)</i>	<i>7705.81</i>	<i>354.58</i>
<i>Desvio Padrão(Sx)</i>	<i>87.78</i>	<i>18.83</i>
<i>Coefficiente de Variação(%)</i>	<i>183.50</i>	<i>75.91</i>
<i>Média dos Teores de Ouro (ppb)</i>	<i>47.84</i>	<i>24.80</i>
<i>Mediana dos Teores de Ouro (ppb)</i>	<i>19.0</i>	<i>18.0</i>

Os tratamentos estatísticos também expressam, em virtude dos dados extremos, valores superiores à variabilidade que se espera que seja verdadeira para o arranjo espacial do depósito investigado.

Para isso tenta-se excluir os valores extremos encontrados para ver se a redução na dispersão ou variação induzida, nos tratamentos da estatística clássica. Isso pode se comprovar pela comparação entre os parâmetros calculados para ambos os casos, contidos na Tabela 8.

O reflexo da eliminação dos extremos fica evidente nos modelos variográficos (Fig. 22 e 23) e nos resultados da validação cruzada expressos logo adiante.

O variograma médio da Fig. 22A, não apresenta nenhuma estrutura ou continuidade, mas ambas aparecem numa direção e tolerância específica (Fig. 22B).

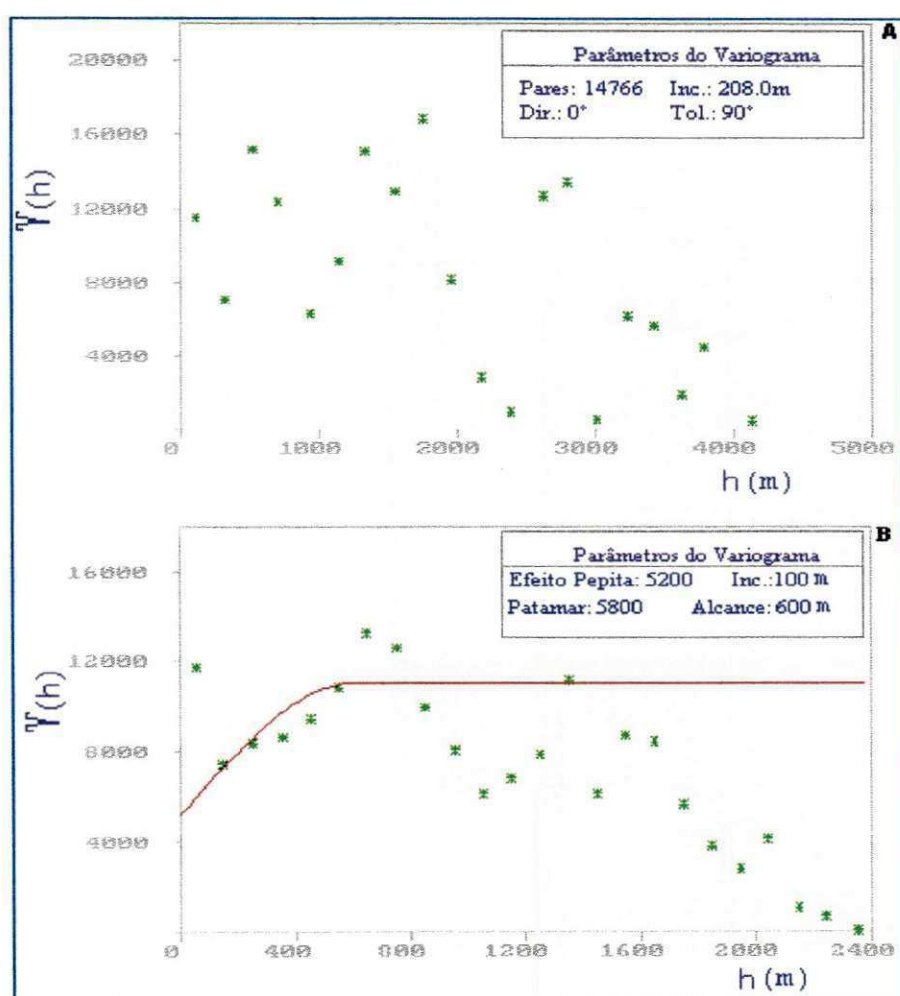


FIGURA 22- Variogramas de solos do Setor Covico com extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico com direção de 135° e tolerância de 45°.

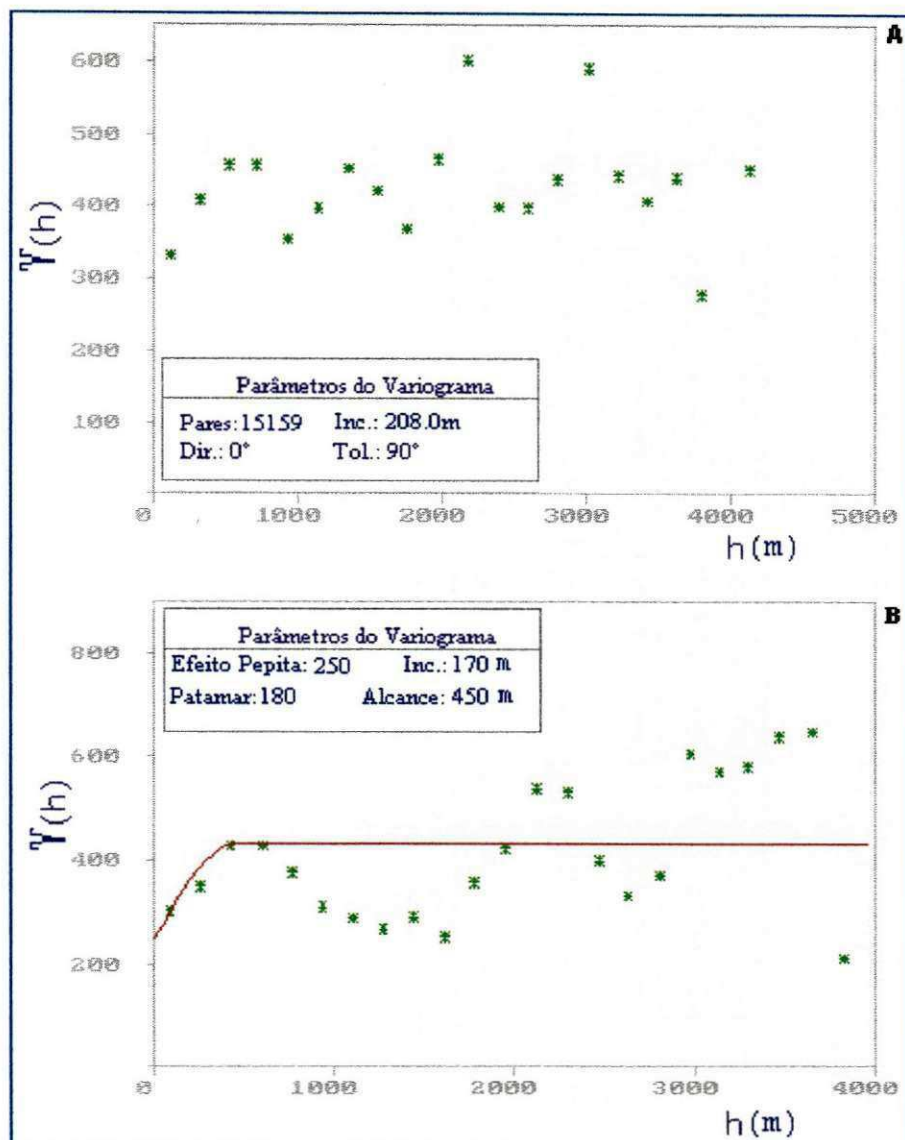


FIGURA 23- Variogramas de solos sem extremos do Setor Covico; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico com direção de 135° e tolerância de 20°.

A variância estrutural do variograma sem extremos ficou reduzido em comparação com o variograma com extremos, bem como, a diminuição da zona de influência de 600 (Fig. 22) para 450 metros (Fig. 23).

Na validação dos dados (Tab. 9) ficou demonstrado que ao se eliminar os extremos os resultados tornam o modelo mais aceitável para o horizonte de solo.

TABELA 9- Validação Cruzada para as amostras de solo do Setor Covico

Resultados XVALID				
	Valores Extremos		Valores sem Extremos	
	N.º Dados: 416 N.º Pares: 7914 Incremento: 100m	Nugget: 5200 Sill: 5800 Range: 600m	N.º Dados: 375 N.º Pares: 5292 Incremento: 170m	Nugget: 250 Sill: 180 Range: 450m
<i>Média Observada</i>	47.8		24.8	
<i>Variância Observada</i>	7708.8		353.4	
<i>Média Estimada</i>	50.3		24.7	
<i>Variância Estimada</i>	1892.2		81.0	
<i>Variância do Erro</i>	8064.0		353.4	
<i>Variância da Krigagem</i>	33.6		1.1	
<i>Zscore</i>	0.02		0.0	

A interpretação dos resultados da validação cruzada para os variogramas elaborados com direções e espaçamentos diferentes, contendo ou não extremos, chega-se as seguintes conclusões:

1) Para as amostras sem extremos, os valores estimados se aproximam bem mais dos valores observados, resultando em erro menores de estimação;

2) Ao se retirar os dados extremos das análises, tanto os desvios calculados nas variâncias tornam-se reduzidos, como os parâmetros do variograma teórico diminuem e;

A estimação por krigagem das amostras de solo sem extremos, para o Setor Covico, são expostos mediante emprego da análise de validação cruzada na Fig. 24.

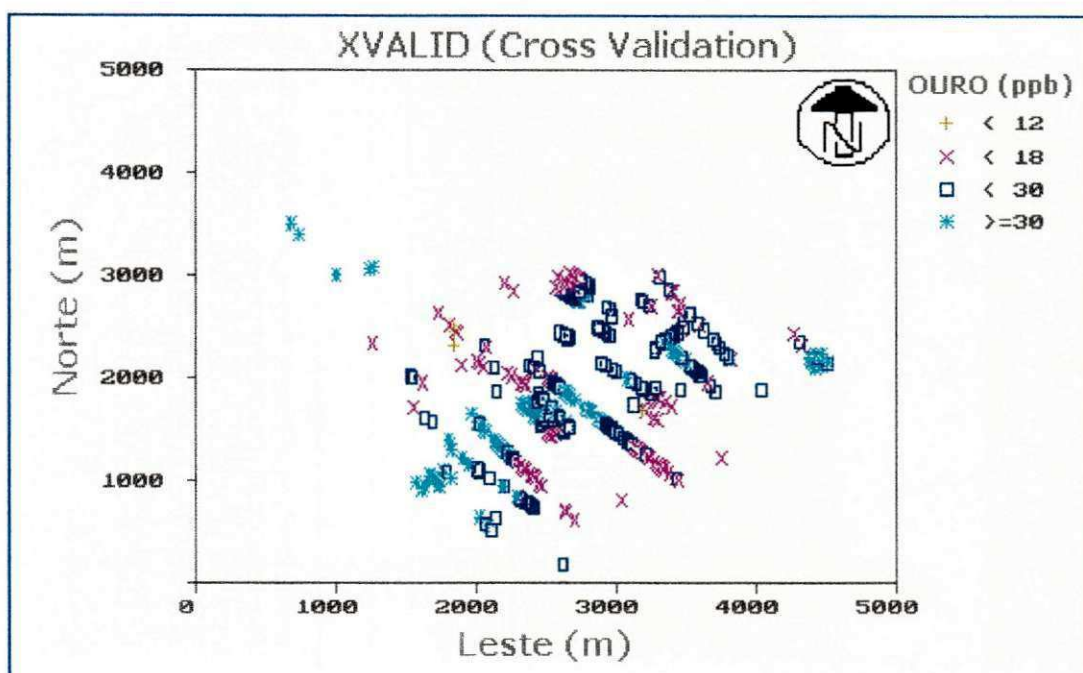


FIGURA 24- Teores krigados para solos sem extremos do Setor Covico.

Na Figura 24, de acordo com os resultados de krigagem, observa-se que os teores em geral distribuem-se no intervalo menor que 30 ppb. Como os valores obtidos da validação cruzada forneceram baixa distorção estatística para os dados sem os extremos, essa estimativa passa ser confiável.

4.2. Análise Variográfica para Sedimentos de Corrente

As análises variográficas de teores de ouro nas amostras de sedimentos de corrente da região de Princesa Isabel/PB, receberam o mesmo tratamento dispensado aos dados de solos, abordados anteriormente. Por questões operacionais e metodológicas, optou-se no decorrer do andamento dos ensaios, tratar amostras na sua totalidade para em seguida, separá-las, obedecendo as proximidades dos principais veios mineralizados, referentes aos setores Covico e Farias.

As técnicas utilizadas nos ensaios basearam-se em estudos estatísticos e geoestatísticos, empregadas com a intenção de um maior controle e planejamento diante das avaliações versus estimativas para o depósito investigado.

Os dados utilizados derivam do trabalho pioneiro realizado por Oliveira *et al.* (1982), entre os quais constam um total de 129 observações analisadas, cujos teores variam de zero a 184.7 ppb.

Em geral, entre as 129 amostras tratadas, a sua maioria (85,3%) situa-se no intervalo de zero a 8.94 ppb, e apenas uma minoria (14,7%) equivalem os dados extremos, acima desse valor.

Os modelos de variogramas foram elaborados considerando as seguintes situações: (i) amostras contendo zeros e teores extremos; (ii) amostras com zeros e sem extremos.

4.2.1. Variograma Geral para Sedimentos de Corrente

Antecedendo o modelamento variográfico, torna-se necessário observar a verdadeira distribuição dos dados disponíveis, deu-se início, então, a uma série de computações estatísticas sobre os sedimentos aluvionares auríferos dessa região.

Os parâmetros estatísticos referentes às observações, contendo zeros e valores com ou sem extremos, são apresentados na Tabela 10:

TABELA 10- Dados estatísticos das amostras totais de sedimentos de corrente

<i>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS</i>	<i>Valores Extremos</i>	<i>Valores Sem Extremos</i>
<i>Número de Observações</i>	<i>129</i>	<i>110</i>
<i>Teor Mínimo de Ouro (ppb)</i>	<i>0.01</i>	<i>0.01</i>
<i>Teor Máximo de Ouro (ppb)</i>	<i>184.71</i>	<i>8.94</i>
<i>Variância(S^2x)</i>	<i>841.49</i>	<i>5.23</i>
<i>Desvio Padrão(Sx)</i>	<i>29.01</i>	<i>2.28</i>
<i>Coefficiente de Variação(%)</i>	<i>307.24</i>	<i>155.3</i>
<i>Média dos Teores de Ouro (ppb)</i>	<i>9.44</i>	<i>1.47</i>
<i>Mediana dos Teores de Ouro (ppb)</i>	<i>0.5</i>	<i>0.35</i>

Na Tabela 10, ao se confrontar os valores analisados, nota-se uma nítida **tendência** decrescente nos principais parâmetros estatísticos, tais como, variância, desvio padrão e coeficiente de variação, em virtude da ausência ou não dos teores extremos. Acontecimento semelhante já observado anteriormente nas análises de solos.

Objetivando quantificar esses parâmetros estatísticos, foram elaborados curvas de frequência acumulada e histograma (Fig. 25), com a intenção de extrair a natureza das populações envolvidas e a distribuição amostral dos teores.

As conclusões sobre a distribuição obtida podem ser assim enumeradas:

(1) Os dados apresentam distribuição “Assimétrica” (Fig. 25A e 25B), compatível com distribuição mineral de baixo teor, em virtude da grande maioria dos dados ocuparem a extremidade esquerda do gráfico, acarretando uma distribuição que assume comportamento “Positivo”, ou seja, a frequência de ocorrência de teores com valores baixos é maior do que a frequência de teores com valores altos, como normalmente ocorrem nos depósitos de ouro;

(2) O tipo de frequência de acordo com o gráfico é do tipo “Lognormal”.

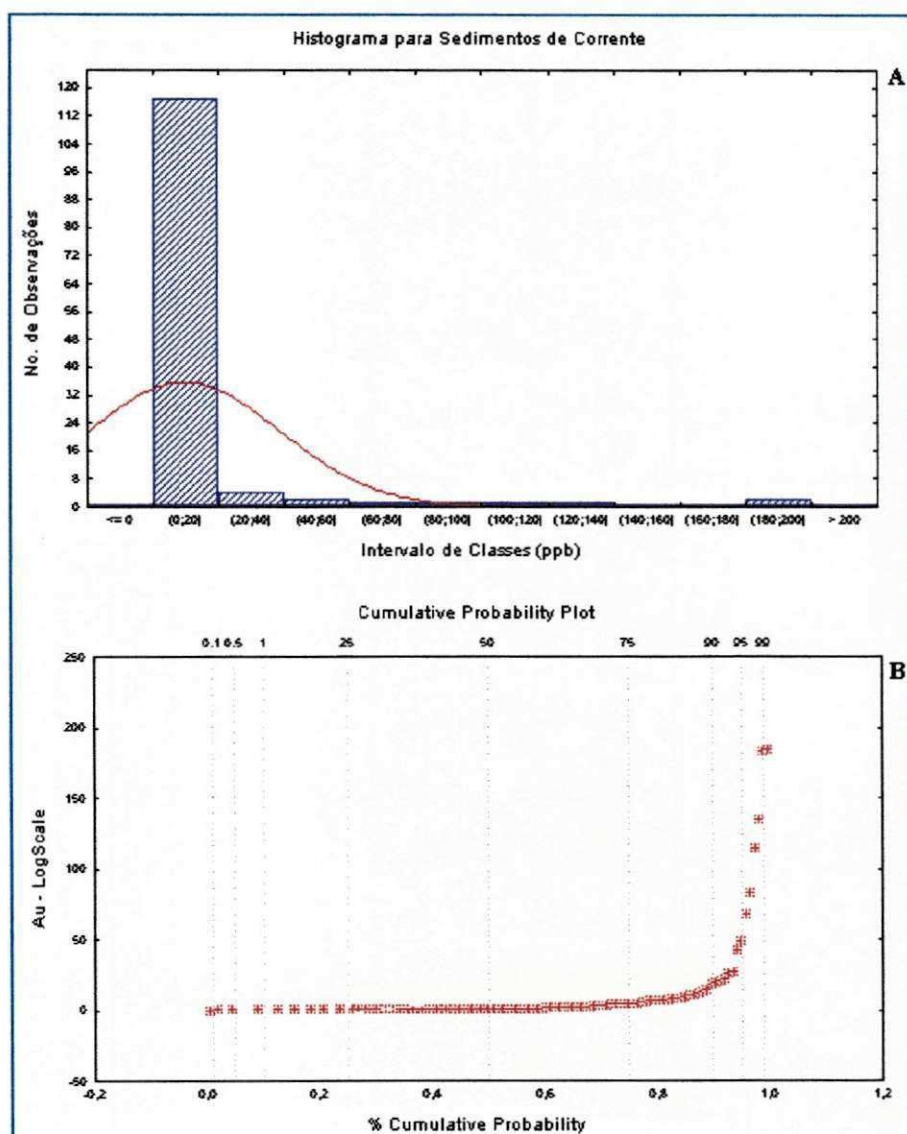


FIGURA 25- Distribuições de frequência para amostras totais de sedimentos de corrente;
 A: histograma de frequência simples; B: curva de probabilidade.

Com o prosseguimento das análises estatísticas, inicia-se o tratamento variográfico sobre as amostras de sedimentos de corrente, obedecendo o critério de primeiro averiguar o comportamento estrutural de todas as amostras, para em seguida, se avaliar os dados sem a interferência de extremos.

O variograma médio (Fig. 26A) não apresentou estrutura com patamar ou alcance, portanto variou-se direção e tolerância com o objetivo de achar um modelo apropriado. Na Figura 26B, o gráfico obtido com direção 110° e tolerância 25° mostra um modelo razoável.

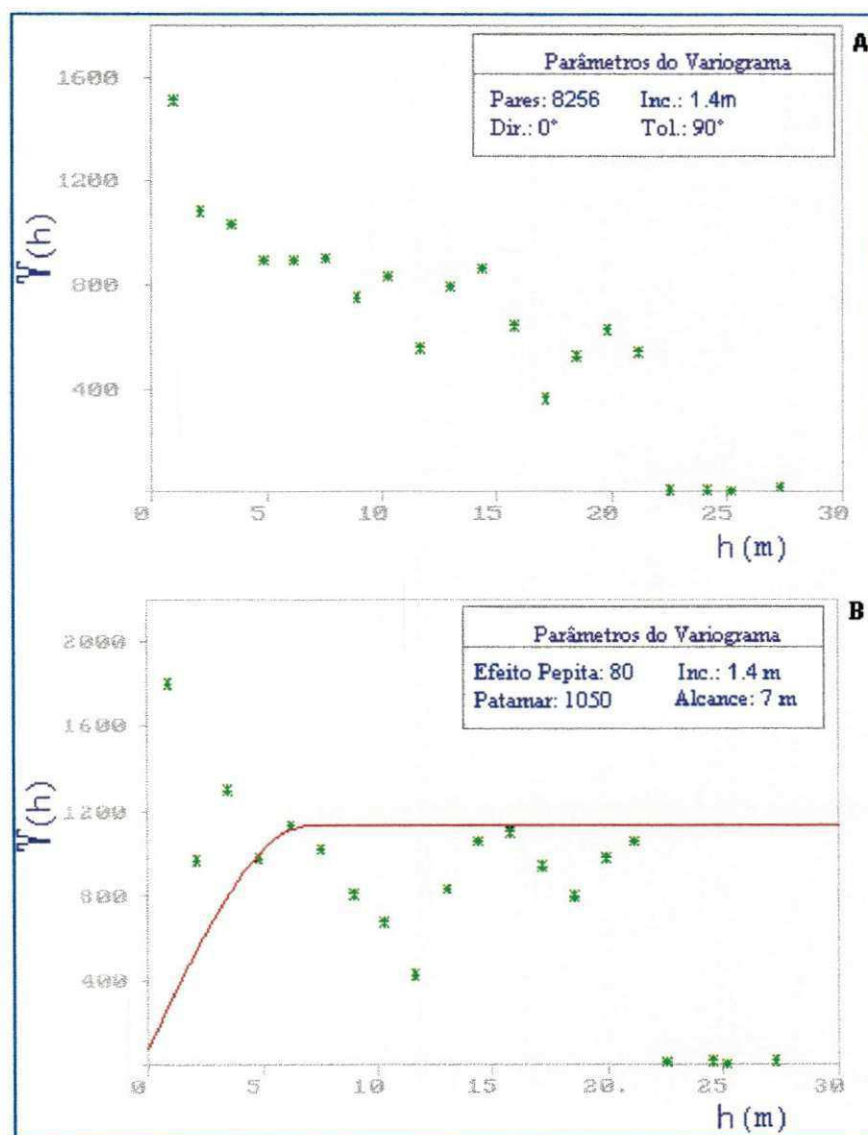


FIGURA 26- Variogramas de sedimentos de corrente com extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico com direção de 110° e tolerância de 25° .

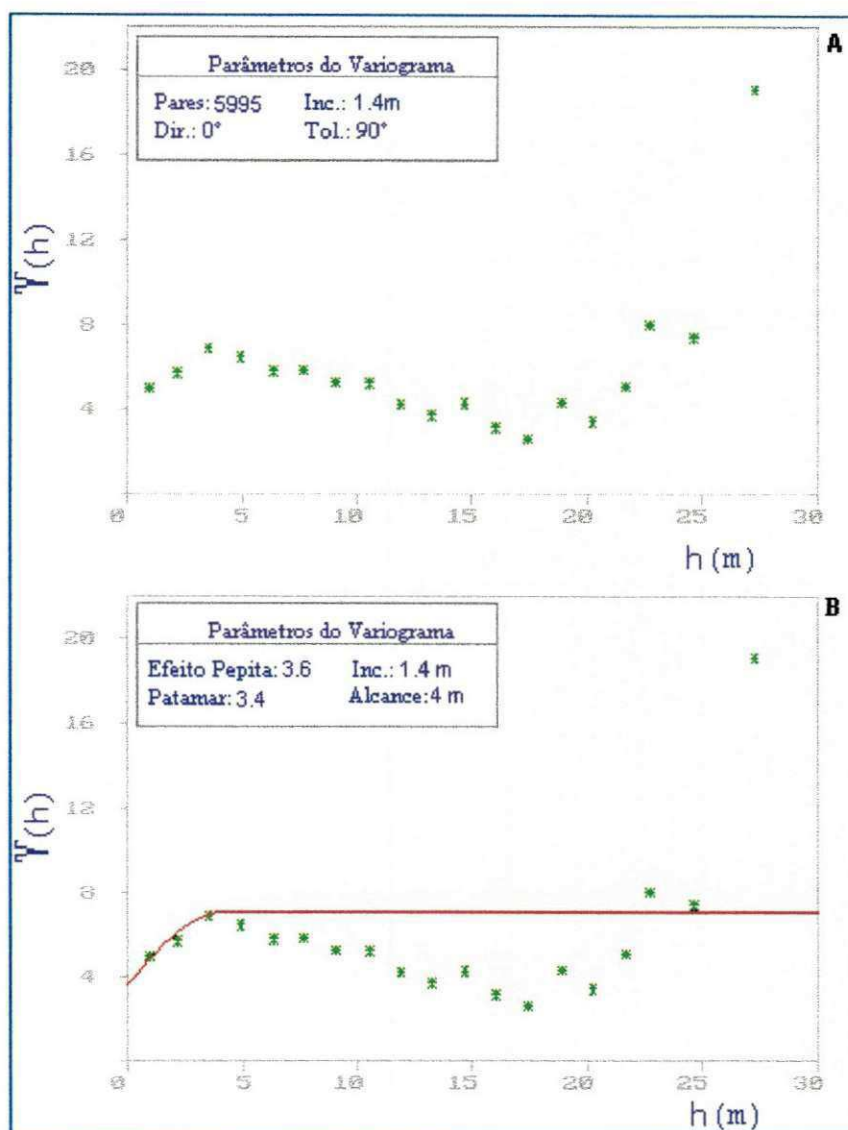


FIGURA 27- Variogramas de sedimentos de corrente sem extremos; A: Variograma horizontal médio; B: Variograma teórico com direção de 0° e tolerância de 90°.

A forma dos variogramas para sedimentos de corrente (Fig. 26 e 27) fornecem estruturas com certa continuidade.

O gráfico descreve comportamento ondulatório de variograma após crescer mais ou menos em linha reta (Fig. 26B). O Efeito Pepita reflete a componente aleatória do concentrado aurífero e também é observado no gráfico. E, ainda, indica quantidade de pares amostrais muito próximos, o que significa que a distância média entre eles oscila

bastante. Os pares de amostras situadas nas distâncias inferiores a 4 m, não mostraram correlação entre si.

Esse padrão “*Trou*” observado nos intervalos a cada 10-20 metros, o que parece ser devido a distribuição errática das amostras contendo ouro, tomadas ao longo de cursos de drenagens da região.

No variograma elaborado para sedimentos sem extremos (Fig. 27A e B), continua tendo efeito pepita, atingindo determinado nível de estabilidade do patamar só a partir de 5m. As amostras dispostas muito juntas ainda assim esboçam uma diferença razoável de valores. Quando se observa a razão $K = C_o / (C_o + C)$, que é igual a $3.6 \div 3.6+7 = 0,339$, o que sugere cerca de 34% da variação das amostras é aleatória, ou seja, imprevisível.

Comparando-se os modelos teóricos, escolhidos após várias tentativas, ajustados sobre os variogramas experimentais (Fig. 26B e 27B), no primeiro caso tem-se um alcance de aproximadamente 7 m, com a curva atingindo o patamar a 1050 e efeito pepita de 80, enquanto o outro modelo tem alcance de 4 m, patamar de 7.0 e efeito pepita também de valor 3.6.

Os diferentes valores de patamar expressam um comportamento peculiar, que deve-se ao fato das amostras assumirem uma distribuição lognormal, originando efeito proporcional. A razão para isso acontecer é quando a média amostral é superior, como no caso das amostras com extremos, tornando o desvio padrão alto, influenciando num valor maior de patamar.

As análises feitas por Validação Cruzada sobre os dados observados, acrescentaram ainda mais informações e revelaram algumas estimativas em termos de teores por krigagem.

Essa nova etapa só pode ser iniciada após o cumprimento do modelamento variográfico. De posse dos parâmetros dos variogramas teóricos, aplica-se os cálculos geoestatísticos XVALID, que encontram-se discriminados a seguir (Tab. 11):

TABELA 11- Parâmetros da validação cruzada para sedimentos de corrente

Resultados XVALID				
	Valores Extremos		Valores sem Extremos	
	N.º Dados: 129	Nugget: 80	N.º Dados: 110	Nugget: 3.6
	N.º Pares: 2204	Sill: 1050	N.º Pares: 5995	Sill: 3.4
	Incremento: 1.4m	Range: 7m	Incremento: 1.4m	Range: 4m
<i>Média Observada</i>	9.44		1.47	
<i>Variância Observada</i>	841.0		5.23	
<i>Média Estimada</i>	8.62		1.46	
<i>Variância Estimada</i>	227.80		1.16	
<i>Variância do Erro</i>	797.04		6.0	
<i>Variância da Krigagem</i>	17.22		0.03	
<i>Zscore</i>	0.03		0.0	

O que se observa dos valores amostrais expostos é que os desvios obtidos para sedimentos sem extremos são mais baixos que os resultados das dispersões provenientes das amostras contendo extremos, o que torna esses resultados muito mais confiáveis, diminuindo as chances de erros na interpretação do comportamento geoquímico do ouro. Algumas amostras com teores extremos atingem valores acima de 100 ppb, isso causa elevação exagerada dos parâmetros estatísticos (Tab. 11 e Anexo B).

Esses resultados são suficientes para apoiar a idéia de que quanto menor o valor da média, seja estimada ou observada, mais reduzido será a dispersão populacional, refletindo em parâmetros variográficos estruturalmente confiáveis, resultado da qualidade da simulação do modelo confeccionado.

O resultado da estimação por krigagem, após utilização apropriada do método de validação cruzada, em teores de ouro de sedimentos de corrente é graficamente exposto nas Figuras 28 e 29.

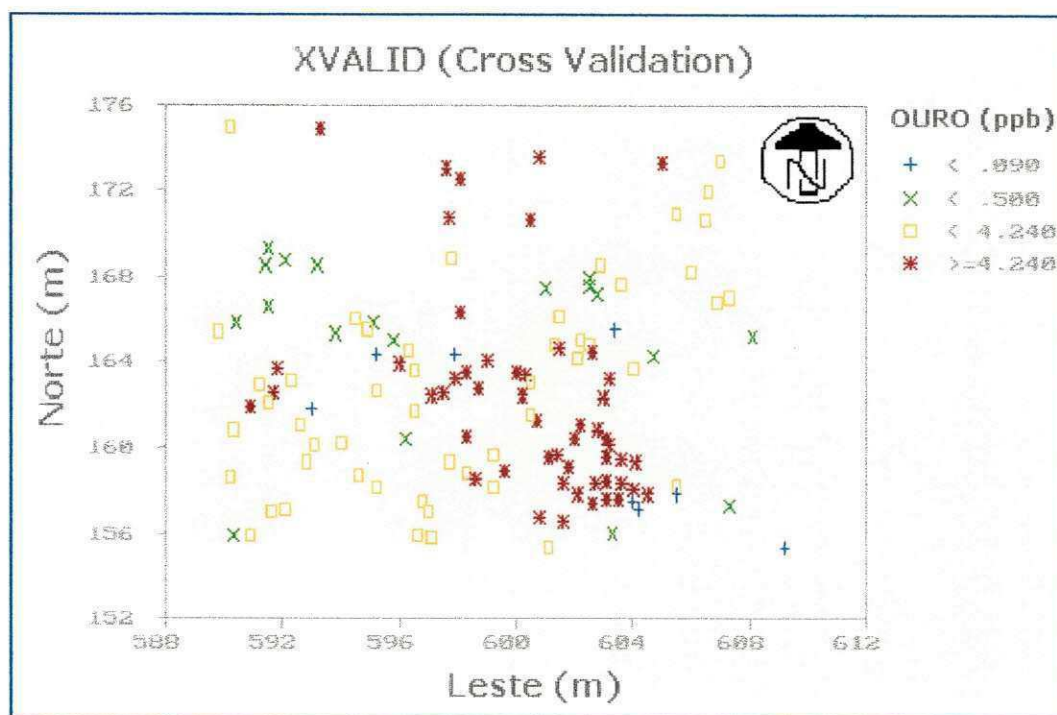


FIGURA 28- Teores krigados pelo método XVALID para sedimentos com extremos.

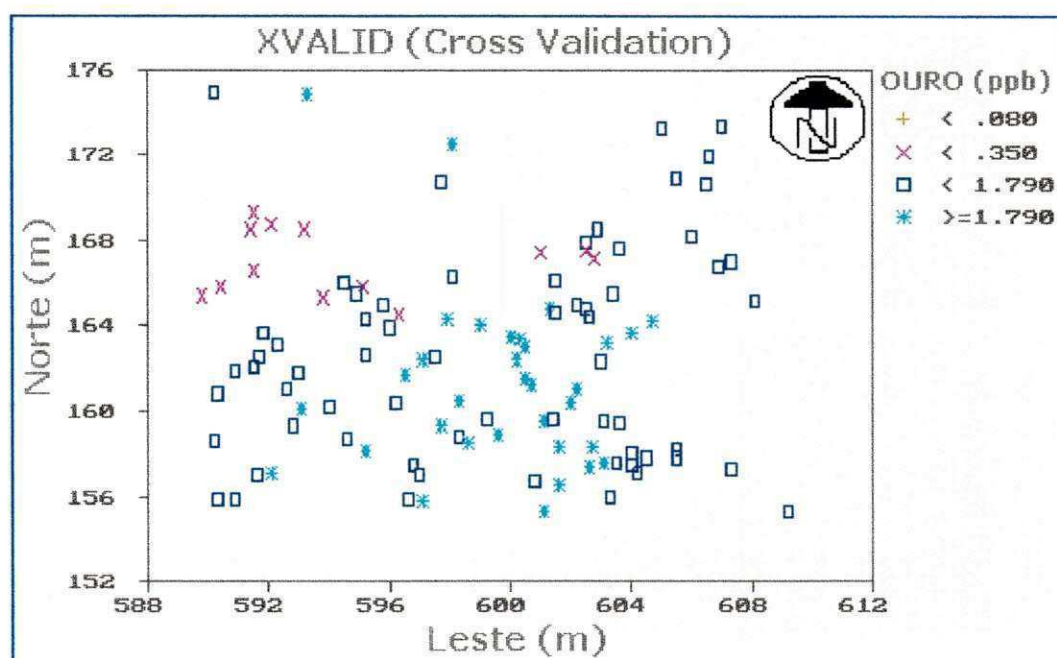


FIGURA 29- Teores krigados pelo método XVALID para sedimentos sem extremos.

A principal diferença entre esses gráficos (2D), baseia-se no que diz respeito aos diferentes pesos assumidos pelas amostras computadas para uma mesma área de 176 m x 612 m. Cada simulação de krigagem assume certa parcela de autenticidade, como também, não deixa de possuir alguma margem de erro, já que está se trabalhando com uma ferramenta de estimação geoestatística.

A legitimidade da análise XVALID depende, única e exclusivamente, da escolha do modelo variográfico melhor apropriado.

Torna-se conveniente notar as localizações espaciais e os pesos assumidos por cada amostra em cada gráfico construído. No Primeiro caso (Fig. 28), os teores predominantes situam-se em torno de 4.2 ppb, porém vale ressaltar que esses teores estimados foram computados em torno de variâncias extremamente altas, o que pode mascarar o verdadeiro quadro geoquímico que ocorre na região. De maneira geral, no segundo gráfico (Fig. 29), sobressaem-se teores menores que 1.8 ppb. o que parece indicar uma estimativa mais confiável pela sutil distorção estatística encontrada.

4.2.2. Setor Farias

Nos modelos variográficos de sedimentos de corrente para todas as amostras, observou-se a presença de duas estruturas marcantes. Por essa razão, torna-se relevante separar os modelos em setores ou veios mineralizados (Farias e Covico).

Com a intenção de se conhecer a influência desses veios sobre os sedimentos de corrente associados, realiza-se, inicialmente, estudos estatísticos, para em seguida, subsidiar os ensaios geoestatísticos nesse setor.

Dessa forma, as amostras situadas aos arredores do Veio Farias foram submetidas a tratamentos estatísticos, cujos resultados encontram-se na Tabela 12.

TABELA 12- Descrições estatísticas para sedimentos de corrente do Setor Farias

<i>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS</i>	<i>Valores Extremos</i>	<i>Valores Sem Extremos</i>
<i>Número de Observações</i>	60	50
<i>Teor Mínimo de Ouro (ppb)</i>	0.02	0.02
<i>Teor Máximo de Ouro (ppb)</i>	184.71	8.94
<i>Variância(S^2x)</i>	977.52	5.79
<i>Desvio Padrão(Sx)</i>	31.26	2.41
<i>Coefficiente de Variação(%)</i>	291.33	170.08
<i>Média dos Teores de Ouro (ppb)</i>	10.73	1.41
<i>Mediana dos Teores de Ouro (ppb)</i>	0.43	0.27

Nessa tabela, observa-se os ensaios realizados entre amostras com e sem extremos. Torna-se evidente, mais uma vez, a interferência dos dados extremos nas análises realizadas. A prova palpável dessa afirmação, é ratificada pelos valores exagerados dos parâmetros de dispersão (variância, desvio padrão e coeficiente de variação). Outros estimadores como as medidas de assimetria, curtose, e desvio médio, quando expressivos, acarretam reflexos nada satisfatórios em torno da verdadeira distribuição populacional. A qualidade desses estimadores, são mais eficientes e justos, quando os parâmetros encontrados são mínimos, sendo então, a única maneira coerente de se verificar a consistência das análises.

Como a estatística destina-se a representar as amostras ou um conjunto de dados em padrões de comportamento, por meio de sintetização dos dados numéricos, sob a forma de tabelas, gráficos e medidas. À seguir, estão expostos histogramas de distribuição e curvas acumulativas (Fig. 30), que mostram a distribuição assimétrica positiva (*Média > Mediana > Moda*) resultantes das amostras do Setor Farias.

A medida que as análises prosseguem, os estudos passam a se concentrar em torno dos modelos variográficos, experimental e teórico, confeccionados com quantidade de pares suficientes (Anexo C), para que se permita extrair o comportamento geoquímico da distribuição dos teores nos sedimentos.

Os resultados do estudo dos variogramas esféricos de teores (Fig. 31 e 32) elaborados para o Setor Farias são apresentados em seguida.

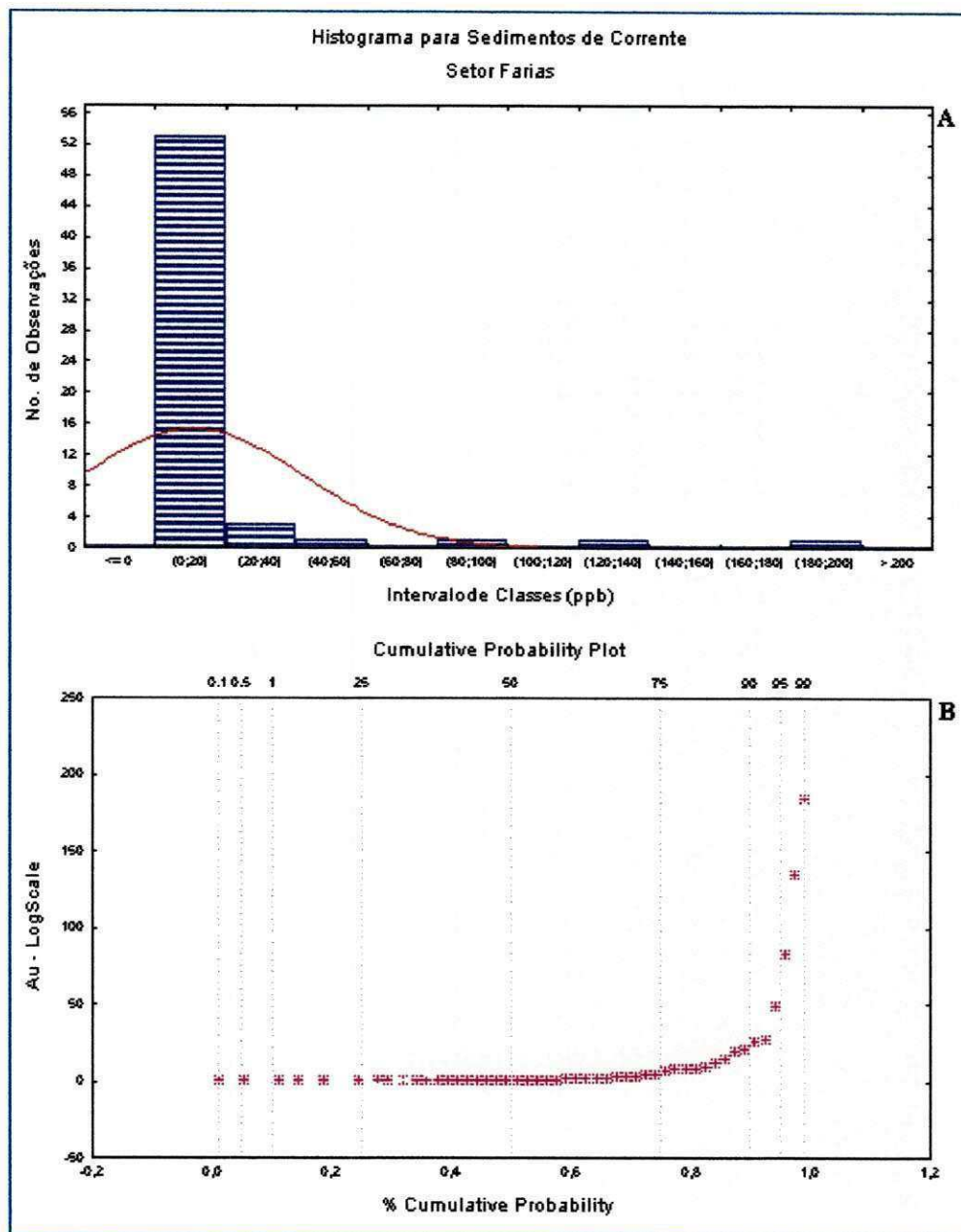


FIGURA 30- Distribuições de frequência para sedimentos do Setor Farias; A: histograma de frequência simples; B: curva de probabilidade.

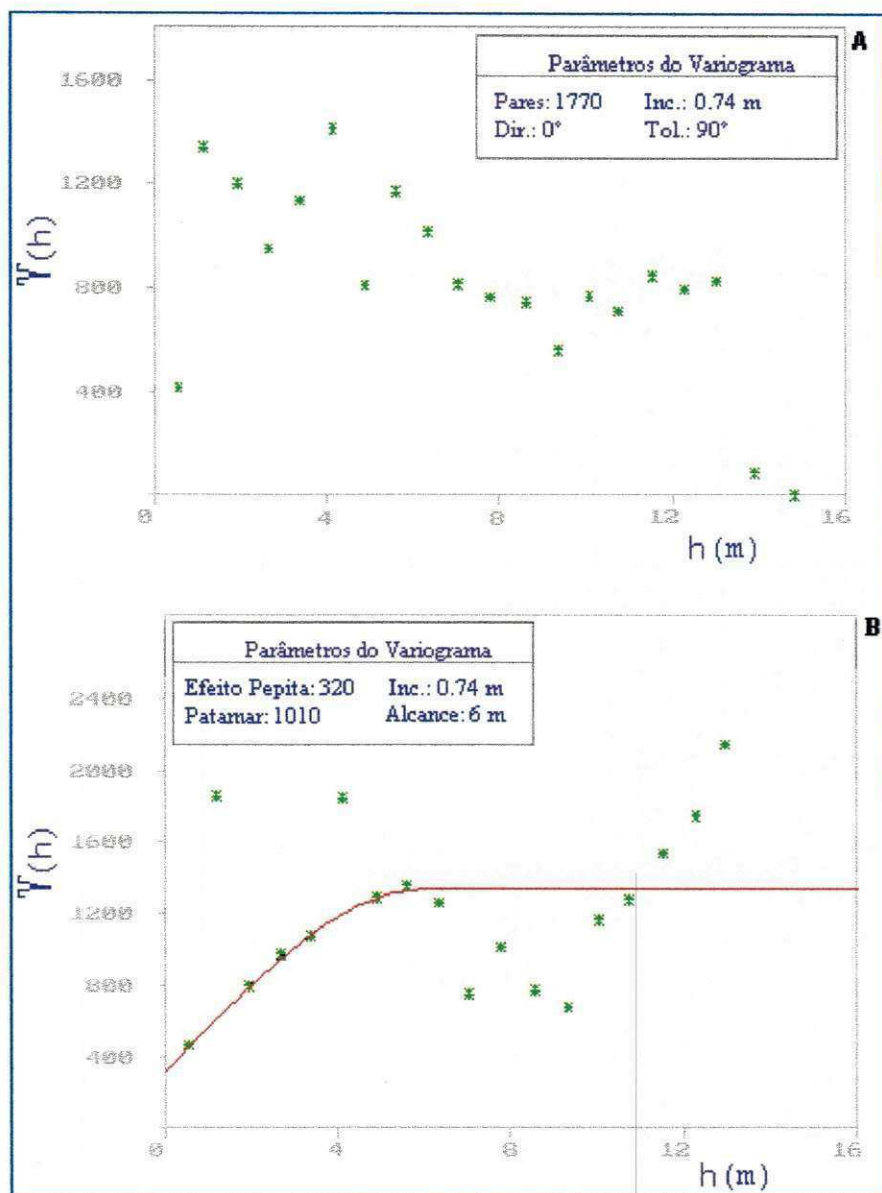


FIGURA 31- Variogramas para os sedimentos com extremos do Setor Farias; A: variograma horizontal médio e; B: variograma teórico, ajustado com direção 135° e tolerância de 45°.

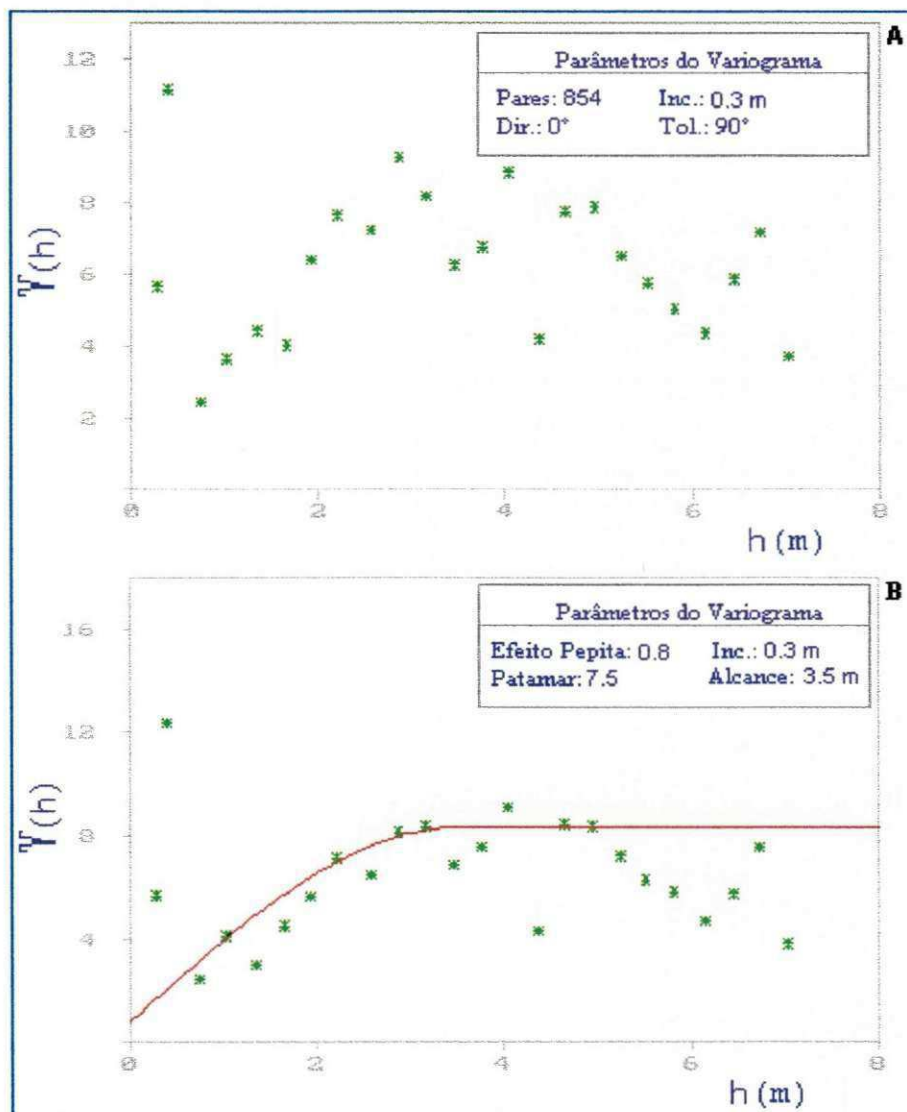


FIGURA 32- Variogramas para os sedimentos sem extremos do Setor Farias; A: variograma horizontal médio; B: variograma teórico, ajustado com direção 10° e tolerância de 75° .

O variograma obtido para os sedimentos do Setor Farias com extremos (Fig. 31) indicou, com quantidade de pares confiáveis, um crescimento rápido da curva do modelo esférico, tendendo logo a seguir para um comportamento pronunciado de efeito buraco, indicando a variação alternada de teores ao longo daquela direção. A influência dos extremos provocou o aparecimento de tendências, a partir da distância de 9 m.

No variograma posterior (Fig. 32), observa-se a ascensão rápida da curva e um sutil efeito de buraco, o qual indica flutuações de altos e baixos nos teores. A ausência dos extremos influenciou no maior distanciamento entre os pares de amostras e no decréscimo considerável dos parâmetros teóricos.

Com a finalização dos modelamentos variográficos, parti-se para as análises da validação cruzada. Portanto, os novos parâmetros da aplicação dessa ferramenta são (Tab. 13):

TABELA 13- Parâmetros da validação cruzada para sedimentos do Setor Farias

Resultados XVALID				
	Valores Extremos		Valores sem Extremos	
	N.º Dados: 60	Nugget: 320	N.º Dados: 50	Nugget: 0.8
	N.º Pares: 926	Sill: 1010	N.º Pares: 757	Sill: 7.5
	Incremento: 0.74m	Range: 6m	Incremento: 0.3m	Range: 3.5m
<i>Média Observada</i>	10.7		1.41	
<i>Variância Observada</i>	977.5		5.78	
<i>Média Estimada</i>	10.6		1.52	
<i>Variância Estimada</i>	180.8		2.58	
<i>Variância do Erro</i>	914.1		7.93	
<i>Variância da Krigagem</i>	7.5		0.13	
<i>Zscore</i>	0.0		0.03	

Essas análises expressam, no caso das amostras sem extremos, que os parâmetros encontrados para o modelo teórico se aproximam bastante de uma margem confiável, nitidamente comprovada pelo baixos valores obtidos nos testes de variância do erro, variância estimada, variância da krigagem e Zscore. O que significa dizer, que os variogramas calculados são gráficos convincentes.

Na Figura 33, o resultado final da validação dos dados realiza a estimação por krigagem em cima dos teores sem extremos do Setor Farias, referentes a uma malha de 608 m x 168 m, onde predominam teores abaixo de 1.61 ppb, e secundariamente por teores acima desse valor.

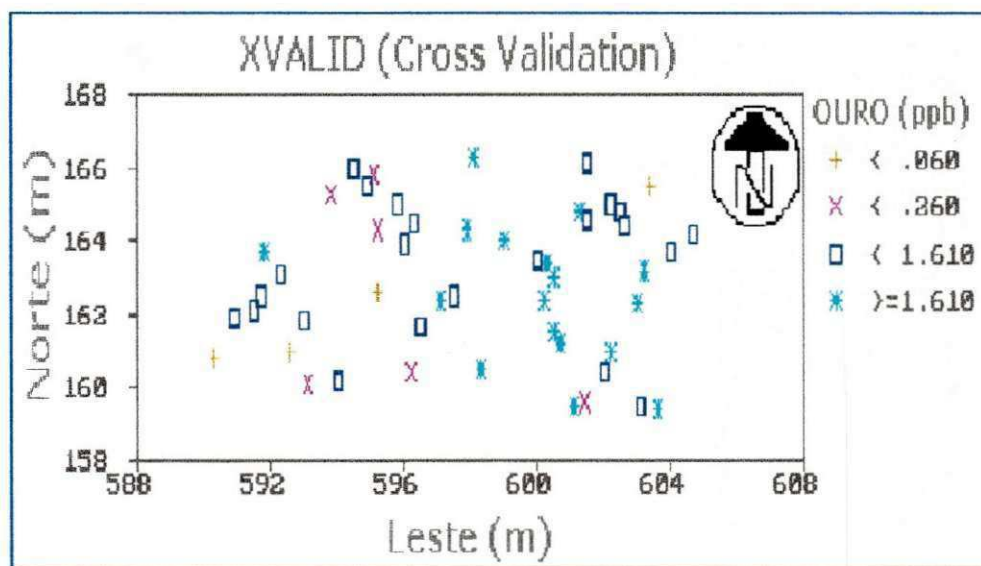


FIGURA 33- Teores krigados pelo método XVALID para amostras de sedimentos sem extremos do Setor Farias.

4.2.3. Setor Covico

Os resultados das análises com todas as amostras de sedimentos compreendidos nas imediações do Setor Covico, estão representados na Tabela 14:

TABELA 14- Descrições estatísticas de sedimentos de corrente do Setor Covico

<i>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS</i>	<i>Valores Extremos</i>	<i>Valores Sem Extremos</i>
<i>Número de Observações</i>	41	35
<i>Teor Mínimo de Ouro (ppb)</i>	0.02	0.02
<i>Teor Máximo de Ouro (ppb)</i>	183.52	7.6
<i>Variância(S^2x)</i>	927.61	6.40
<i>Desvio Padrão(Sx)</i>	30.45	2.53
<i>Coefficiente de Variação(%)</i>	301.4	130.0
<i>Média dos Teores de Ouro (ppb)</i>	10.1	1.94
<i>Mediana dos Teores de Ouro (ppb)</i>	0.87	0.69

Esses valores numéricos derivados dos testes estatísticos clássicos informam a natureza dos dados e a variabilidade dos resultados medidos. Da avaliação desses parâmetros estatísticos tem-se:

- O conjunto populacional assume um comportamento de distribuição lognormal (Fig. 34), com assimetria positiva (a frequência de teores com valores baixos predomina);
- A influência dos dados extremos fez-se notar mais uma vez nos altos valores expressos na variância, desvio padrão e coeficiente de variação.

- A distribuição do metal, apesar da não interferência dos extremos, ainda pode ser considerada como extremamente irregular.

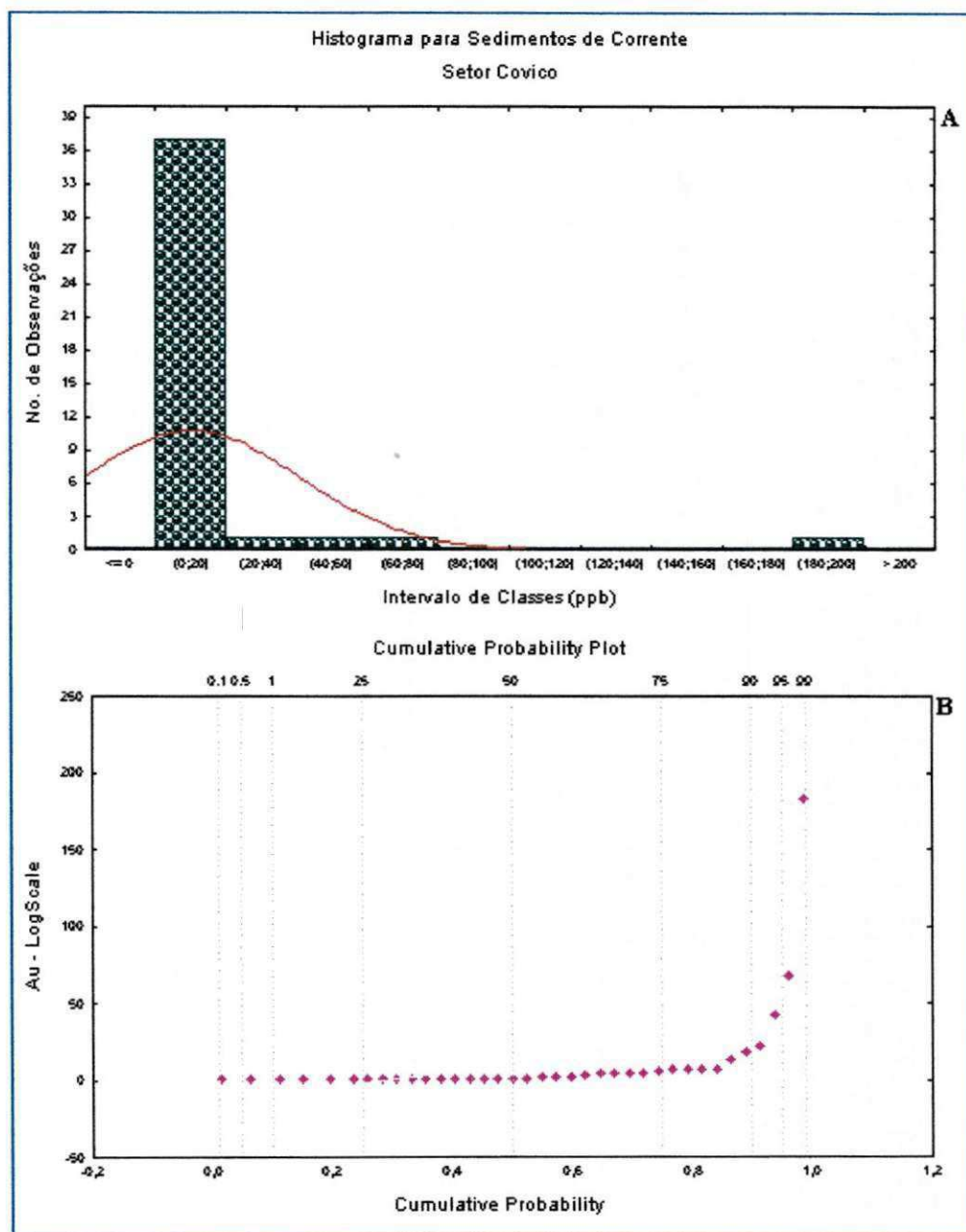


FIGURA 34- Distribuições de frequência para sedimentos do Setor Covico. A: Histograma de frequência simples; B: Curva de probabilidade.

Ao se demonstrar as relações gráficas da função variograma, ilustradas nas Figuras 35 e 36, também se apresentará algumas interpretações. Os variogramas apresentados foram construídos em direções diferentes, para que as curvas divergissem a partir da origem, para então ficar evidente entre as direções adotadas, a ocorrência de anisotropias quanto a distribuições de teores: os valores diferentes de $\gamma(h)$ do Au segundo a direção 30° crescem mais rápido que segundo a direção 45° .

A construção dos variogramas, experimentais e teóricos, foram calculados a partir de quantidades de pares suficientes, confeccionados segundo modelo esférico de teores.

Os parâmetros do modelo teórico como alcance, efeito pepita e patamar, tornaram-se menores à medida que foram eliminados os dados extremos na análise.

Em ambos os gráficos, notam-se estruturas de efeito buraco (variogramas que não apresentam curvas contínuas), embora esse efeito seja mais visível no variograma calculado sem dados extremos.

A dispersão amostral verificada no gráfico calculado a partir de dados extremos é muito maior que o outro variograma elaborado sem esses valores, mostrando como as variáveis são influenciadas pelos testes estatísticos.

Ao se aplicar a validação cruzada nos parâmetros do variograma teórico, consegue-se com essa ferramenta quantitativa, orientar e/ou estimar alvos na razão verdadeira de seus valores, por krigagem ordinária.

Os resultados do emprego desse método de estimação de pontos, encontram-se reunidos na Tabela 15:

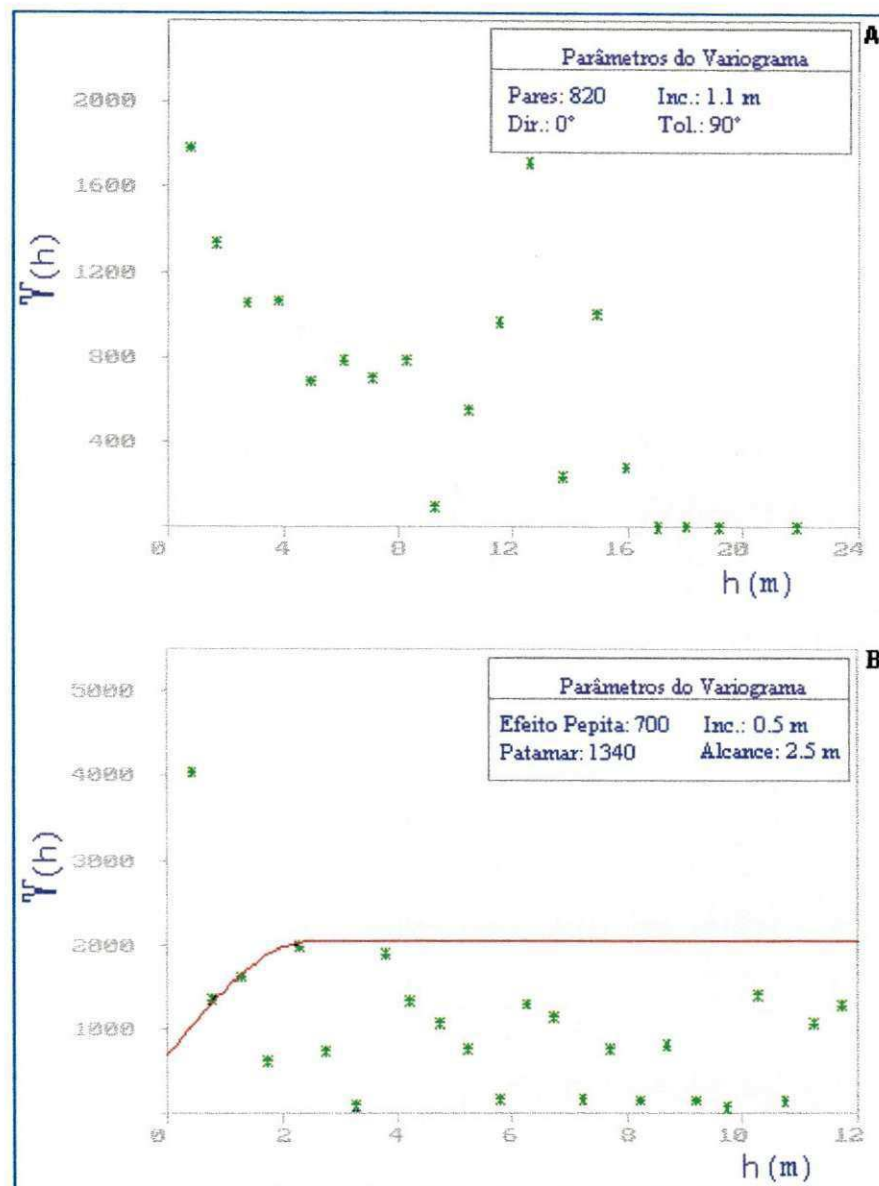


FIGURA 35- Variogramas para os sedimentos com extremos do Setor Covico; A: variograma horizontal médio; B: variograma teórico, ajustado com direção de 45° e tolerância de 60°.

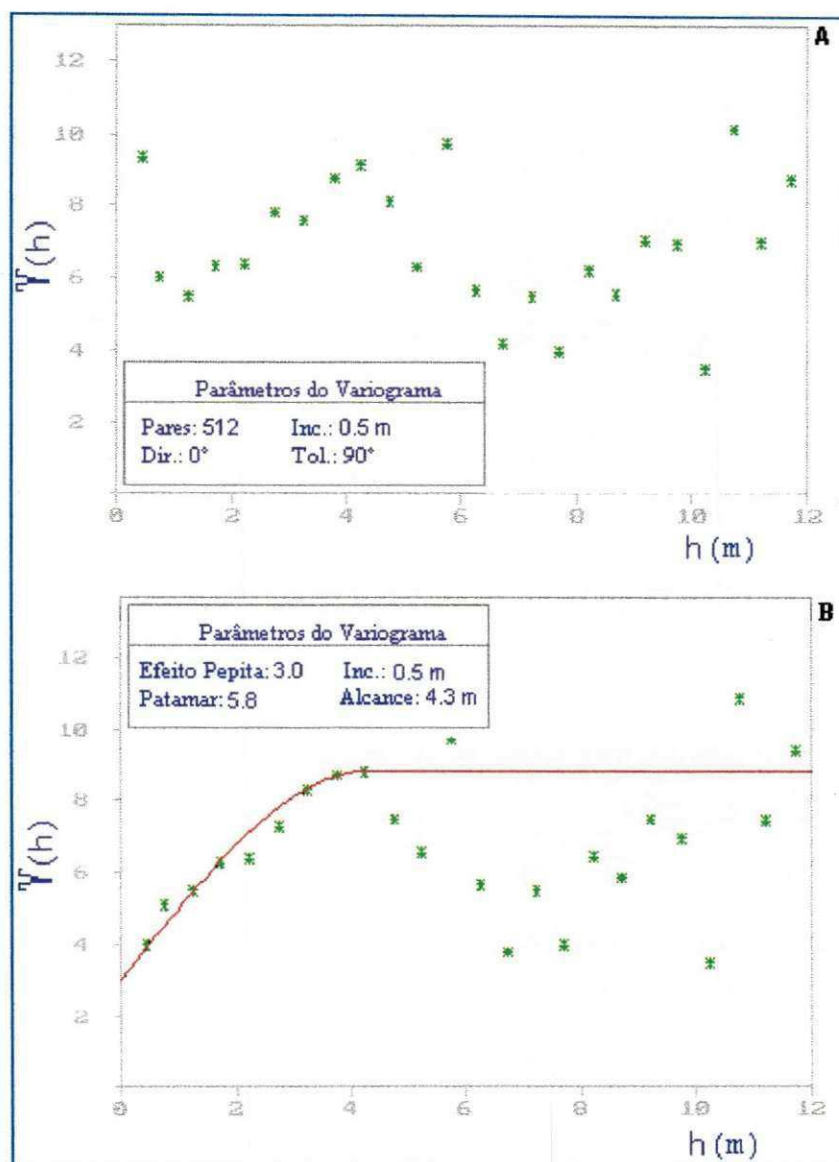


FIGURA 36- Variogramas para os sedimentos sem extremos do Setor Covico; A: variograma horizontal médio; B: variograma teórico, ajustado com direção de 30° e tolerância de 75°.

TABELA 15- Resultado da validação cruzada para sedimentos do Setor Covico

Resultados XVALID				
	Valores Extremos		Valores sem Extremos	
		N.º Dados: 41	Nugget: 700	N.º Dados: 35
	N.º Pares: 583	Sill: 1340	N.º Pares: 483	Sill: 5.8
	Incremento: 0.5m	Range: 2.5m	Incremento: 0.5m	Range: 4.3m
<i>Média Observada</i>	10.10		1.95	
<i>Variância Observada</i>	927.63		6.4	
<i>Média Estimada</i>	11.13		2.06	
<i>Variância Estimada</i>	266.73		1.43	
<i>Variância do Erro</i>	896.04		8.68	
<i>Variância da Krigagem</i>	22.05		0.08	
<i>Zscore</i>	0.02		0.02	

Da interpretação desses resultados pode-se concluir que, no caso das amostras com extremos do Setor Covico, os valores das variâncias são muito elevados, impedindo que se confie no modelo variográfico apresentado (Fig. 35A e B). Já para as amostras do Setor Covico sem a presença de extremos, os baixos desvios provenientes das variâncias, validam as análises variográficas obtidas (Fig. 36A e B).

O gráfico da análise XVALID, a partir da estimação em torno das amostras do Setor Covico (Fig. 37), passa a representar a distribuição geoquímica dos sedimentos com concentrações de ouro, apresentado-se sem desvios consideráveis.

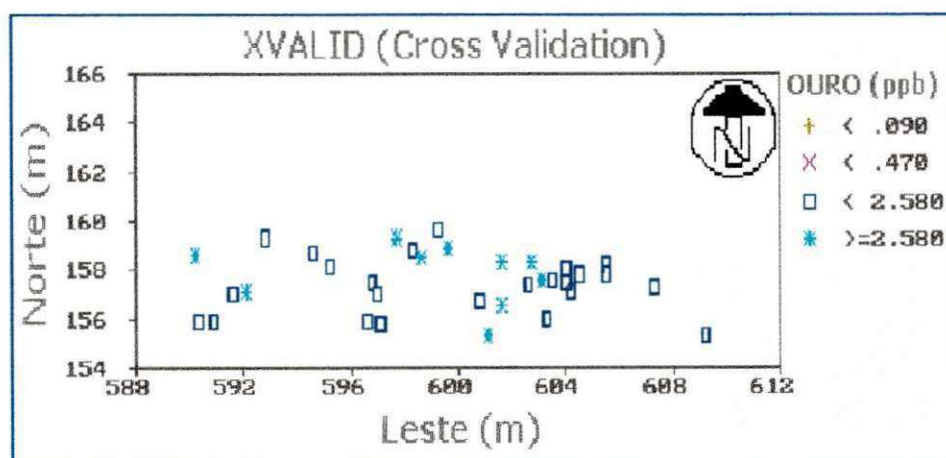


FIGURA 37- Teores krigados pelo método XVALID para amostras de sedimentos sem extremos do Setor Covico.

5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ATIVIDADES DE MINERAÇÃO

5.1- Quadro Geológico Local

A mineralização primária, alvo da garimpagem, nos Setores Farias e Covico, apresenta-se ao longo da direção preferencial NE-SW (Fig. 38). Encontra-se alojada em veios de quartzo e hospedada em quartzo-muscovita xistos e filitos de baixo grau metamórfico, com direção geral N60°-90°E e mergulhos variando entre 70° a 80° para SE, bastante alterada pelo intemperismo. Os veios de quartzo, na sua maioria leitosos, concordantes com a xistosidade bem definida das hospedeiras, assumem dimensões variando de alguns centímetros a 2,5 m aproximadamente (Foto 1), com variações laterais e em profundidade, mas paralelamente aos principais filões ocorrem, de forma aleatória, vênulas e filonetes. Esses filões principais encontram-se com bastante fissuras e fraturas, geralmente “cariados” e impregnados de óxido de ferro.

O minério extraído é proveniente dos veio de quartzo, contendo ouro disseminado (Foto 2), em média com 20% de impurezas, associados com prata, cobre, pirita, galena, hematita, limonita, preenchendo fissuras e fraturas no quartzo, normalmente não observado macroscopicamente, com concentração de teor não uniforme da superfície para a profundidade onde tende a diminuir.

Com relação as concentrações secundárias, que ocorrem em solos e sedimentos de corrente, são constituídos em grande parte de areia e cascalho, que se depositam nas calhas e leitos dos rios, córregos e riachos nas proximidades da área. Quando as drenagens acumulam certas reservas de água, eventualmente, fora dos extensos períodos de estiagem, os garimpeiros aproveitam para recuperar o ouro através de concentrados de bateia.

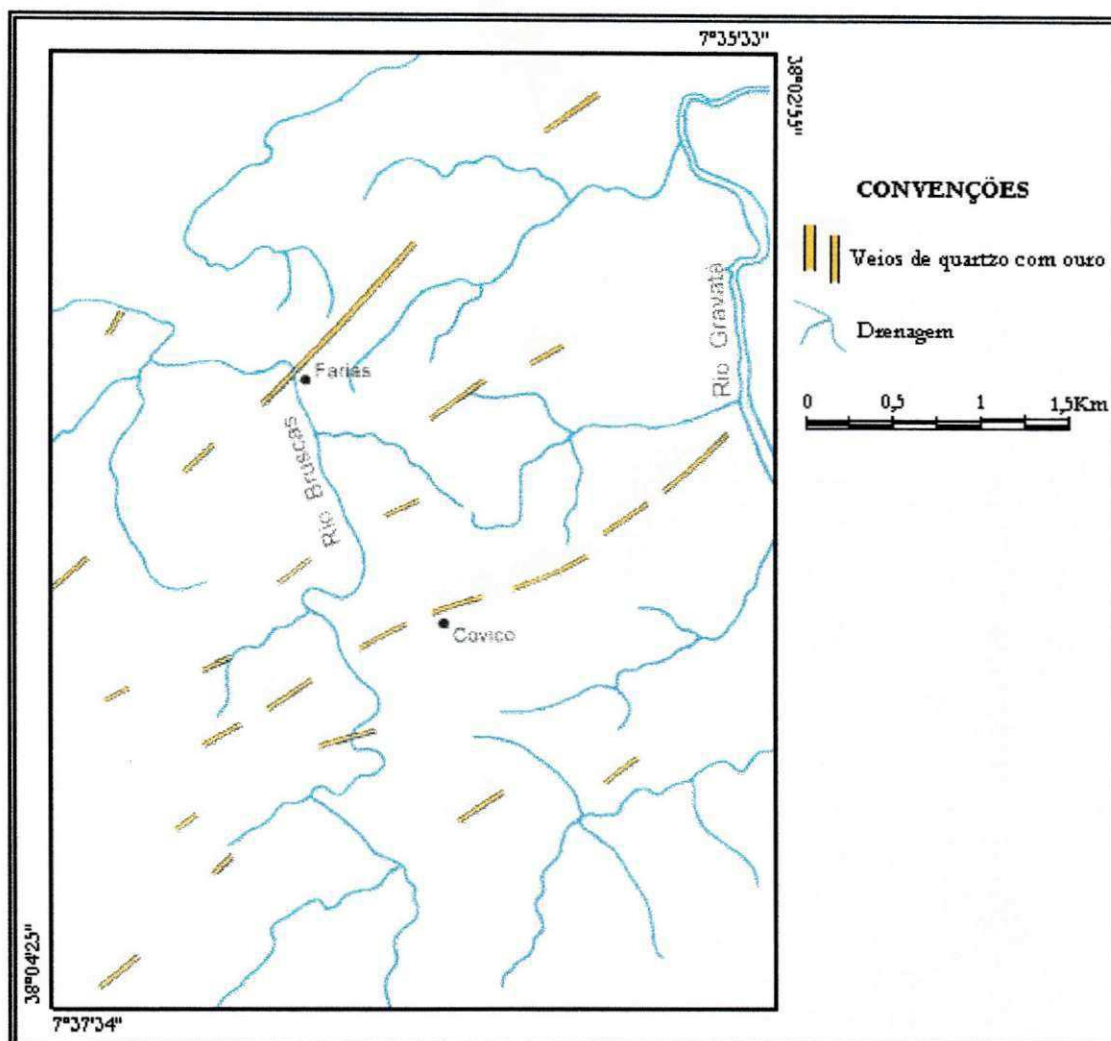


FIGURA 38– Distribuição dos veios mineralizados segundo a direção NE-SW nos Setores Covico e Farias (Modificado de Oliveira et al., 1984 *apud* Barbosa, 1998).

Os solos residuais tem característica arenosa e por vezes argilosa, de granulometria fina a média, avermelhados, geralmente com horizontes pouco espessos entre 30 a 50 cm, também constituídos por fragmentos de quartzo e grãos diversos de material rochoso, encontrados tanto nas vertentes quanto nas elevações. A análise dos solos revelou uma mistura de minerais, as vezes com presença de matéria orgânica, grãos com formas angulares, áspero ao tato, resistência seca desprezível, desagregado facilmente (estrutura pouco rija), permeável, com pouca ou nenhuma plasticidade e drenagem excelente.

Os depósitos aluvionares recentes portadores de ouro situam-se, preferencialmente, ao longo de cursos de rios maiores, como Bruscas e Gravatá, e pequenos braços secundários desses afluentes, distribuídos nos leitos e margens dos principais riachos, que não atingem grandes proporções. São compostos por material arenoso inconsolidado, fragmentos angulosos a subangulosos de quartzo e rochas diversas. Os *plácers* auríferos enriquecidos situam-se nas calhas dos rios, entre 5 a 10 cm de profundidade, em níveis de cascalhos. Os teores enriquecidos aparecem de forma esporádica, presentes em alguns pontos e totalmente ausentes em outros.

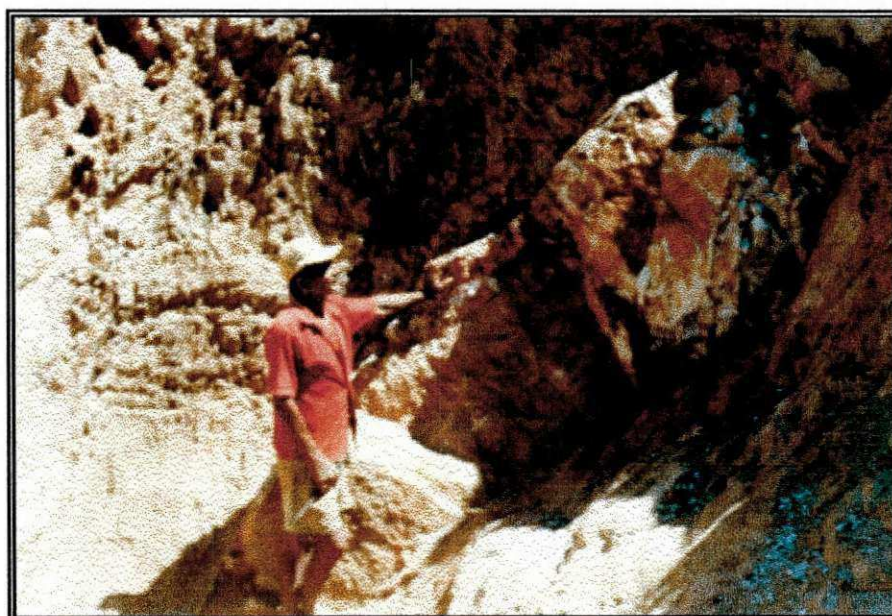


FOTO 1 – Detalhe dos veios de quartzo mineralizados explorados na região.

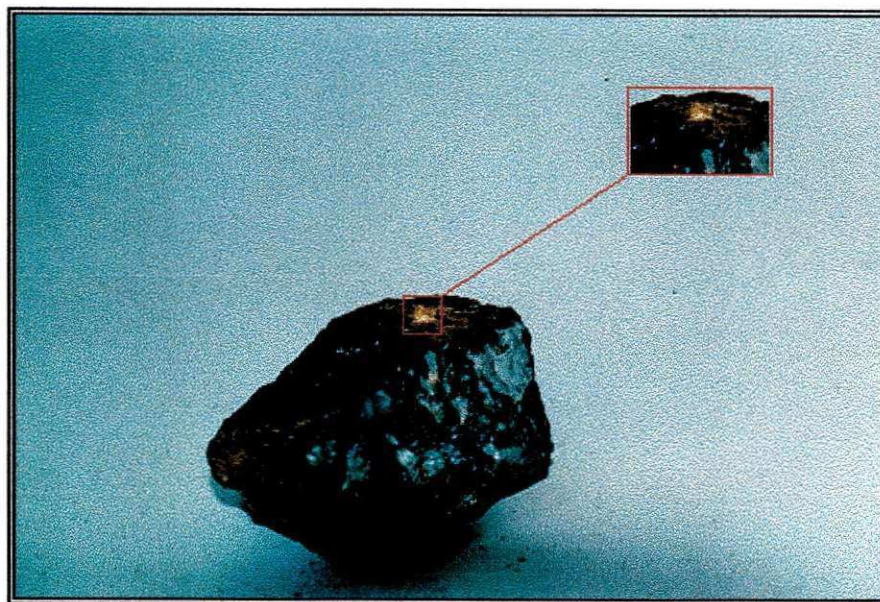


FOTO 2 – Contaminação por partículas de ouro presentes em amostra de veio de quartzo (Foto: Wegner R. R., 1999).

A baixa precipitação pluviométrica ao interagir com as altas temperaturas do sertão paraibano, tornam-se aliados do ataque intensivo do intemperismo físico sobre as diferentes litologias, provocando a desintegração e decomposição dessas rochas, dando origem aos solos de diferentes tipos presentes no setor.

Quando as litologias mineralizadas sofrem ataques dos agentes intempéricos, os solos e aluviões tornam-se propícios para a acumulação do ouro, e em virtude das características arenosa e de pouco espessura, são facilmente carregados por cursos d'água nas estações chuvosas, gerando grandes halos de dispersão geoquímica.

As dispersão geoquímica é favorecida, se levar ainda em conta, pelas irregularidades morfológicas do relevo em Cachoeira de Minas.

A geomorfologia da região é caracterizada por topografia acidentada, representada por alinhamentos de colinas, morros e serras alternadas, direcionadas ENE-WSW segundo o “*trend*” regional de falhas e fraturas, com altitudes variando entre 300 a 600 m, com topos abaulados e restritos, vertentes convexas, encostas com alta inclinação, vales em forma de “V” e de “U”. O relevo associado as unidades geológicas é bastante influenciado pela litologia aflorante na região, que associado a drenagem do tipo retangular-paralela, sob a influência do clima semi-árido seco, modela uma paisagem frágil, típica de dinâmica relevante, com evolução erosiva ainda jovem (Fotos 3 e 4).

Talvez seja por esse motivo, que nas análises variográficas executadas para as amostras totais de solos e sedimentos de corrente, depara-se com dois modelos e/ou estruturas distintos para Farias e Covico.

A abrangência das áreas mais anômalas identificadas, com relação a concentração de ouro secundário, estão situadas nas imediações dos filões principais, locais onde mais se desenvolve intensamente a garimpagem, admiti-se ocorrer num raio de 3 a 4 km de extensão por no máximo 2 km de largura.

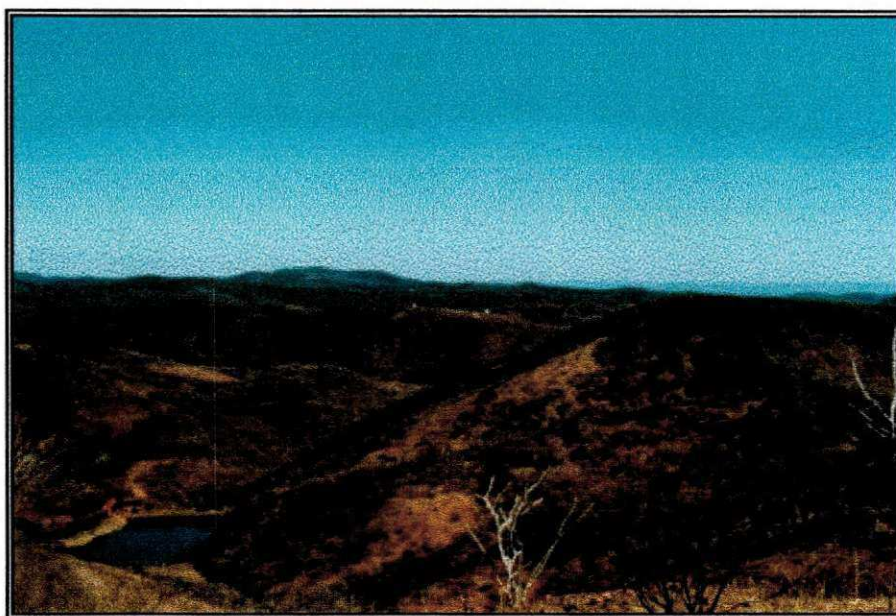


FOTO 3 – Geomorfologia predominante nas proximidades do Setor Covico.

Sabe-se pela estimativa estatística que estas acumulações secundárias de ouro não representam grandes reservas prospectáveis, sendo pouco interessantes do ponto de vista empresarial, embora representem mais uma alternativa de renda para as atividades garimpeiras de subsistência.

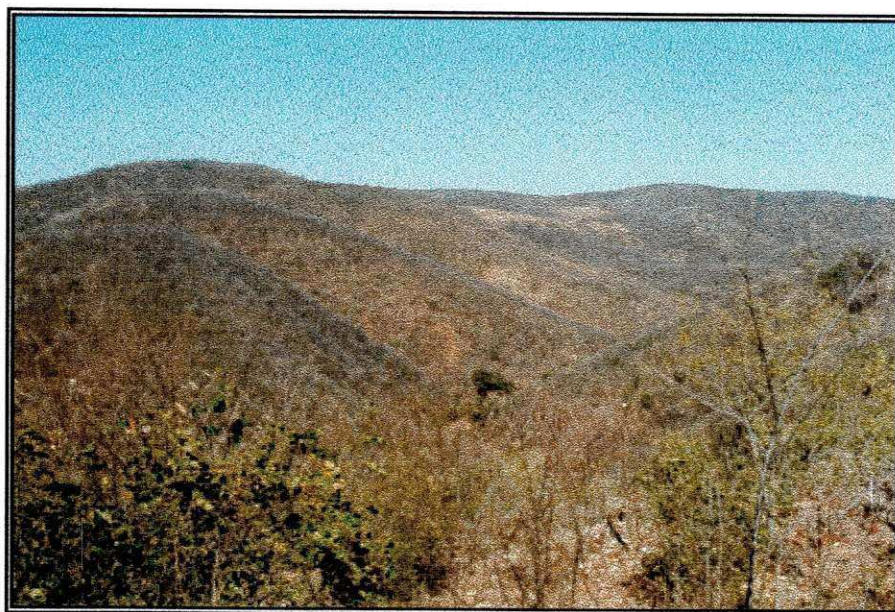


FOTO 4 – Morfologia irregular característica do Setor Farias.

5.2- Execução das Operações Unitárias Básicas de Mineração

Entre as áreas visitadas, o antigo garimpo do Setor Farias ainda encontra-se em atividade, já o Setor Covico há pelo menos quatro anos está desativado.

No Farias, o tipo de lavra empregado para a extração do minério é a subterrânea (Foto 5), realizado por garimpeiros.

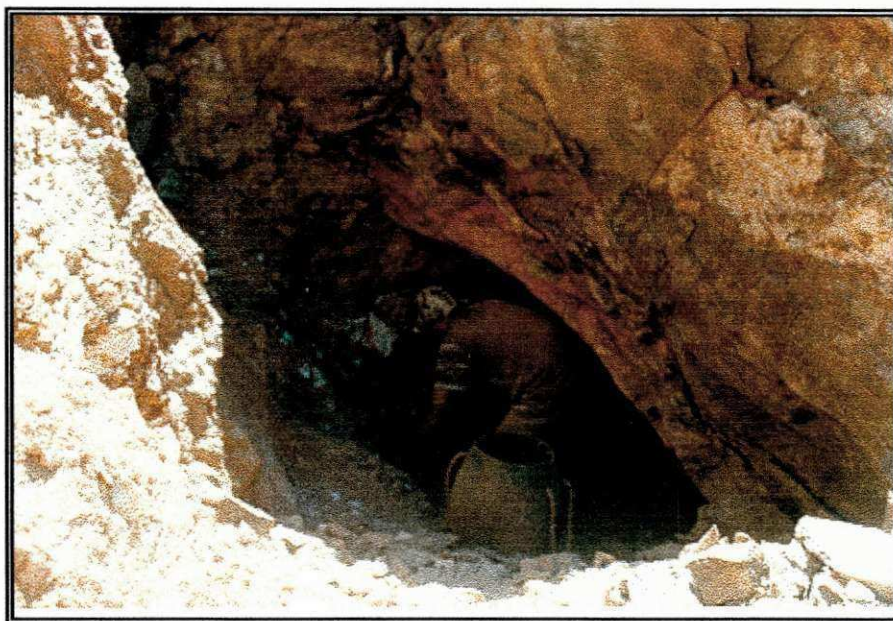


FOTO 5 – Início da escavação de lavra subterrânea realizada por garimpeiro.

Como a região é castigada pela seca muito prolongada, no período de estiagem, a exploração concentra-se no ouro primário, associados aos veios de quartzo, deixando a extração de partículas de ouro secundário, em solos e sedimentos de corrente, para os períodos de chuva na região, quando as drenagens adquirem volume de água, que é quando os garimpeiros fazem uso de bateias para a recuperação do ouro.

No garimpo da “Viúva”, como é conhecido o Setor Farias, o desmonte da encaixante contendo os veios mineralizados é realizado pelo explosivo *Nitron*, tipo granulado. O acesso ao corpo mineralizado acontece por intermédio de poços verticais a subverticais, que são abertos por explosivos ou por furação manual, que vai depender da resistência rochosa. As aberturas desses *shafts* atingem em média de 2 a 3 m de largura

(Foto 6), com profundidades variando entre 7 a 50 m, inclusive outros garimpos em atividade na região esses poços chegam a alcançar 100 m da superfície.

De uma forma geral, os poços perfurados não apresentam galerias de acesso, e nem tão pouco, passagem de ventilação.

O minério é transportado através dos poços verticais por meio de uma armação metálica ou de madeira com roldana (Foto 7), onde no fundo do poço, o material é depositado em balde¹ com capacidade de 30 kg, e içado manualmente até a superfície. Essa mesma tarefa precisa ser repetida várias vezes, para que ao final do dia os operários consigam obter uma produção satisfatória (1 g de ouro equívale ao beneficiamento de 150 a 240 kg).

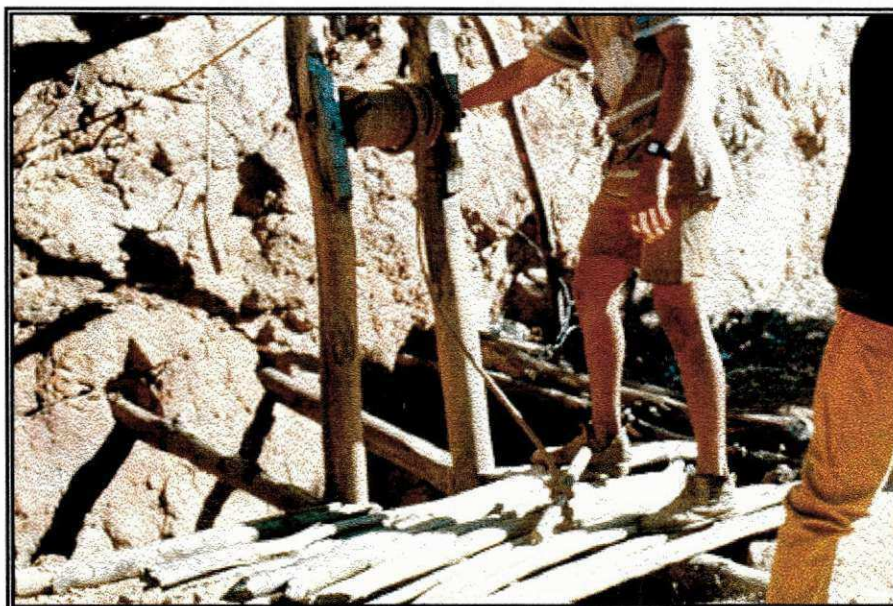


FOTO 6 – Visão frontal da abertura das galerias verticais.

¹ Material utilizado para o transporte manual do minério através das galerias



FOTO 7- Tripé com roldana utilizado para içar o minério até a superfície.

O processo de cominuição, no garimpo, compreende duas etapas: manual e mecânica. Primeiramente, o serviço manual fragmenta os blocos (Foto 8), para que atravessem a abertura do aparelho. Os britadores de martelo (Foto 9), de pequeno porte, executam o restante da moagem, operando a seco e a úmido.

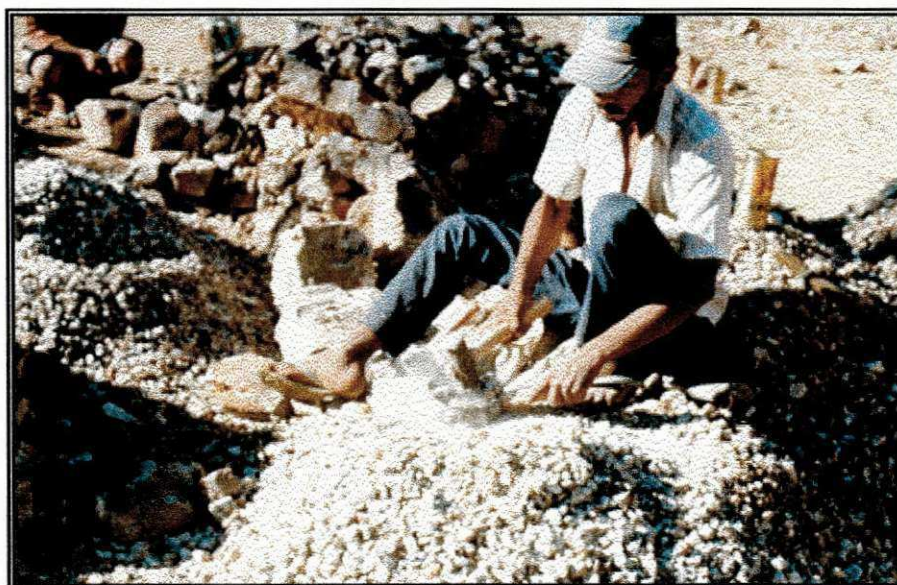


FOTO 8- Etapa de Cominuição manual dos blocos.

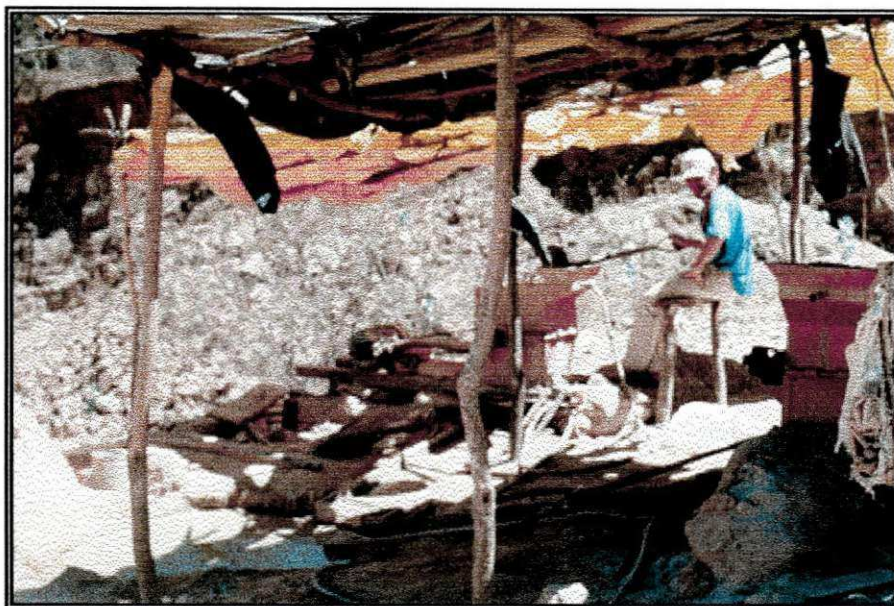


FOTO 9- Cominuição mecânica realizada por britador de mandíbula operando à úmido.

Ao término da moagem mecânica, o material fica padronizado na fração arenosa, com granulometria abaixo de 80 # e densidade de 1.2 g/cm^3 , aproximadamente. Em seguida, o minério é distribuído em pilhas de homogeneização que não excedem 2 m de altura, no pátio exclusivo para estocagem (Foto 10).



FOTO 10- Pilhas de minério guardadas no pátio de estocagem.

Geralmente, quando o pátio está abastecido com certa quantidade de minério, esse material passa a ser armazenado em um tanque com capacidade de 900 t. Esse tanque foi construído para a recuperação do minério através do processo de lixiviação por cianetação.

No entanto, o ataque químico com cianeto a base de sódio só pode ser realizado quando o meio alcançar caráter alcalino (pH em torno de 10 – 11), sendo empregado nessas condições o equivalente a 1000 kg de cal. A finalidade dessa substância sólida cáustica a base de óxido de cálcio é de controlar a escala de pH, porque caso contrário, ao se despejar o cianeto em meio ácido, a reação resultante formaria o ácido cianídrico, composto tóxico e altamente nocivo a saúde humana. O tratamento químico a base de cianeto utilizado na proporção de 600 g/m³, serve basicamente para concentrar e/ou separar os metais nobres do rejeito. A polpa ou a solução rica em partículas de ouro e outros metais associados, é bombeada para 4 tanques que filtram essas soluções por intermédio de carvão ativado. Com a queima desse carvão, se consegue obter o ouro. Os rejeitos com granulometria fina (minério moído), de outros garimpos situados na região, também são transportados para o garimpo do Farias para sofrerem o tratamento pelo processo de cianetação. O rejeito ou canga, cessado toda a etapa de lixiviação, é despejado a céu aberto, assim como, é desencadeado todo o processo de tratamento do minério. O poluente que resta ao final do processo, não é reaproveitado, é simplesmente acondicionado em piscinas de decantação forradas com plástico resistente para não haver o perigo de contaminar o subsolo, no entanto, é submetido a exposição ao ar livre.

As operações unitárias básicas das atividades de mineração praticadas no garimpo do Farias, onde trabalham cerca de 20 a 30 pessoas, podem ser resumidamente entendidas no fluxograma apresentado (Fig. 39).

Conforme esclarecimentos prestados pela associação de garimpeiros, a produção local oscila em torno de 1 kg de ouro a cada 90 dias, o que equivale em média entre 50 a 80 g do metal por semana. No veio Farias, porção leste (Foto 11), o teor máximo de ouro contido é estimado em 21 g/t (21 ppm), enquanto a porção oeste (Foto 12) ainda pouco explorada, teor próximo a 6 g/t (6 ppm).

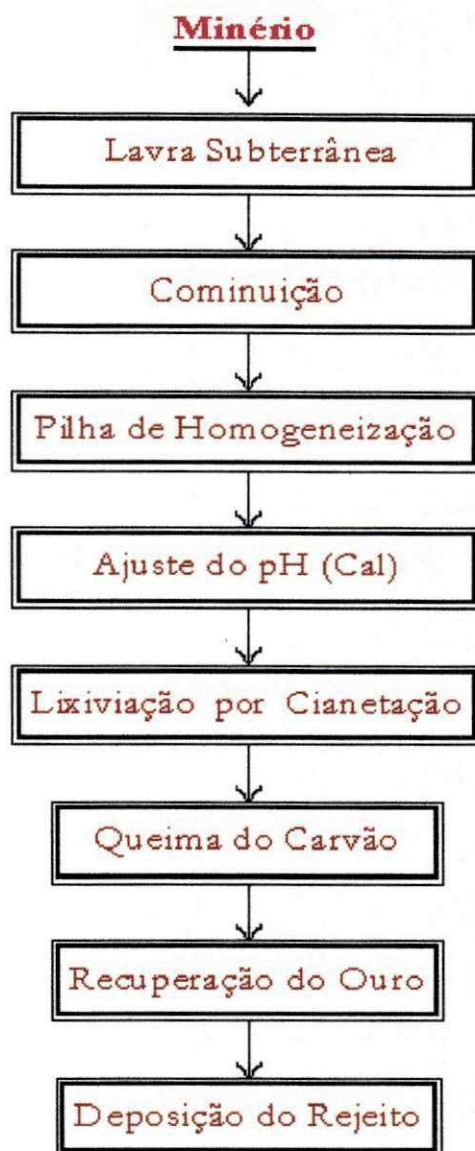


FIGURA 39- Fluxograma das operações unitárias básicas de mineração praticadas no Setor Farias.



FOTO 11- Frente de lavra do Setor Farias na sua porção leste.



FOTO 12- Porção oeste do Setor Farias em início de exploração.

As atividades garimpeiras em muitos casos, pelos poucos recursos que detêm e muitas vezes pela falta de direcionamento técnico e especializado, causam danos ao meio ambiente, e a si próprios no que diz respeito aos aspectos de saúde e falta de segurança durante o cumprimento das etapas rotineiras de trabalho.

Quanto ao potencial poluidor e as possíveis modificações ambientais identificados na região, durante a implementação e operação dessa atividade minerária, os principais impactos e seus efeitos ambientais produzidos são: impacto visual e paisagístico causado pelas escavações, supressão da vegetação e decapeamento do solo, alteração parcial da topografia (Foto 13), poluição do ar devido a produção de poeira, geração de efluentes líquidos, geração de ruído, indução de fluxos migratórios, tráfego de caminhões e/ou outros veículos de transporte de produtos e insumos, entre outros.

Um exemplo típico de uma mina abandonada é o Setor Covico, conhecida como “Buraco do Padre”. A recomposição e/ou recuperação das galerias exploradas não aconteceu, e isso representa um impacto adverso nas condições ambientais desse setor como um todo.

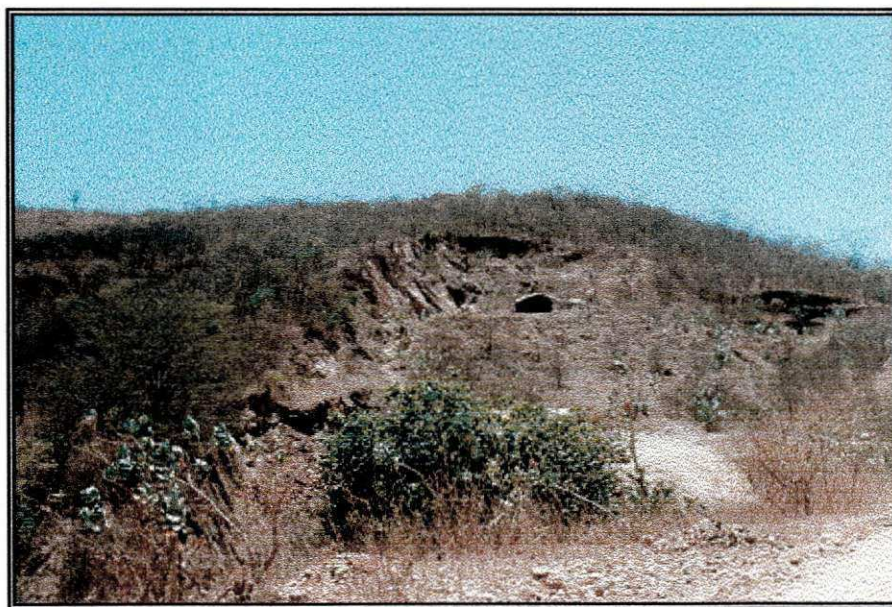


FOTO 13- Modificação da paisagem resultante da extração de minério.

Nos garimpos visitados, foram constatados uma gama enorme de riscos nas atividades diárias de trabalho. Os riscos de acidentes mais comuns, inclusive com vítimas fatais, acontecem com o manuseio incorreto com explosivos.

Os operários não utilizam para sua proteção pessoal qualquer tipo de acessório de segurança, como por exemplo: capacetes, mascaras, óculos, luvas, protetores auditivos, botas e nem tão pouco vestuários adequados.

6. CONCLUSÕES

O panorama regional estrutural é caracterizado por sistemas de zonas de cisalhamento que foram responsáveis, juntamente com as alterações hidrotermais das encaixantes, por instalar importantes ocorrências minerais.

As intensas movimentações tectônicas produziram cinturões de dobramentos, além de falhamentos e fraturamentos, que serviram como condutos e armadilhas dos fluidos portadores de mineralizações. Toda essa mobilidade estrutural ficou registrado nas rochas através de dobras de pequenas e médias amplitudes, intensas fraturas e cataclases. As áreas investigadas e outros garimpos já paralisados ou em atividade fazem parte de uma mega-estrutura. Posicionam-se no flanco esquerdo de uma dobra assimétrica com direção geral NE-SW, e eixo inclinado para NE, bastante nítida em imagem de radar.

As mineralizações primárias ocorrem nos veios de quartzo instalados em rochas encaixantes de origem metavulcanossedimentares, pertencentes as Formações Riacho Gravata e Poço dos Cachorros, representativas do Ciclo Brasileiro.

Os litotipos passaram por fases de deformações e metamorfismo regional de baixo grau, que em caráter local ocasionaram estruturas planares nas rochas, indicadas pelo comportamento das xistosidades com mergulhos para sudeste, e segregações de quartzo.

Os veios de quartzo auríferos, com direção principal NE-SW, são importantes por suas elevadas concentrações, previamente detectados nas campanhas de prospecção realizados pela CDRM/PB, e também, onde durante boa parte do ano se concentram as atividades de extração/exploração. Nesse trabalho foi demonstrado o quanto a influência dos veios, interferem nas anomalias geoquímicas de solos, residuais e transportados, e sedimentos aluvionares.

O conjunto amostral de solos e sedimentos de corrente envolvido nas análises estatísticas e geoestatísticas, assume um comportamento de distribuição lognormal, e a característica essencial das variáveis regionalizadas se enquadra no campo

do fenômeno anisotrópico, ou seja, existe uma direção privilegiada a partir da qual os valores não variam significativamente, enquanto que ao longo de outra direção isto passa a acontecer.

Os variogramas médios elaborados para solo e sedimentos mostraram estruturas não muito satisfatórias. O efeito da eliminação das amostras com extremos também foi investigado. Para solos e sedimentos, a melhoria dos modelos foi conseguida quando esses valores foram excluídos dos tratamentos variográficos, que estavam obscurecendo o verdadeiro contraste da anomalia.

Durante as análises, observou-se que os solos e sedimentos da área de estudo encontravam-se diretamente influenciados pelos veios mineralizados, em virtude da presença de duas estruturas variográficas distintas observadas nos variogramas.

A partir dessa constatação, agruparam-se tanto os sedimentos quanto os solos associados com cada veio portador de ouro em subgrupos para separar as estruturas do variograma médio. Isto resultou em estruturas significantes que comprovam a preponderância de cada veio nos padrões de distribuição geoquímica do ouro nos solos e sedimentos.

Na maioria dos variogramas ocorreu o efeito de buraco com oscilação vertical, onde essa curva representa padrões irregulares de sedimentação quanto às ocorrências de ouro. Essas oscilações do variograma podem ser atribuídas aos padrões de transporte de sedimentos e intermitente deslocamento de solos, causado por precipitação periódica típica da região. A presença de modelos direcionais aceitáveis, talvez indiquem direção de mobilização ou transporte ininterrupto do metal nos sedimentos e solos.

Os modelos direcionais indicaram estruturas convenientes para áreas de influências das amostras de 1000 m (valores sem extremos) a 1800 m (valores aberrantes), no caso de solos, e 4 m (valores sem extremos) a 7 m (valores aberrantes), para sedimentos ativos de drenagem. Tratam-se de dados indispensáveis que dizem respeito aos espaçamentos de malhas de sondagem que venham a ser implantadas nessa região. Essa diferença nos valores de área de influencia entre solos e sedimentos, é em virtude da malha de amostragem. No caso de solos, as amostras foram coletadas num espaçamento muito curto, o que não aconteceu com os aluviões (uma amostra a cada 1 Km em média).

Os resultados da validação dos dados através da krigagem aplicadas para solos expressam valores altos de variância do erro. Admite-se que provavelmente seja em virtude dos solos apresentarem horizontes pouco espessos, sendo facilmente carregados

durante enxurradas. A mobilidade dos solos enriquecidos ainda é favorecida pela topografia irregular que ocorre na região.

A grande dificuldade em determinar os variogramas direcionais para sedimentos ativos de corrente, possivelmente está relacionado com a direção preferencial das drenagens de primeira ordem com "trend" preferencial N-S que diverge da orientação das principais mineralizações, e pelo fato de em certos locais de altas concentrações corresponderem às áreas com um número menor de dados na vizinhança, gerando flutuações na representatividade dos dados.

Soma-se ainda o fato de que o maior "background" do ouro está relacionado com as topografias mais elevadas, e também, com a proximidade dos corpos mineralizados.

Os valores do coeficiente de variação tornam-se mais elevados nos aluviões do que nos solos, em virtude da alta dispersão geoquímica favorecida pela movimentação hidrodinâmica das drenagens sobre os sedimentos auríferos. Como os solos encontram-se fixos por raízes de plantas e gramíneas, isso acaba acarretando em baixos índices de variabilidade de concentração do metal.

Entre algumas recomendações relevantes que podem ser encaminhadas em trabalhos futuros, e que também servirão para a ampliação dos conhecimentos científicos sobre a região, pode-se sugerir que:

Sabendo-se das condições geológico-geomorfológicas de cada área mineralizada, seria conveniente conhecer a medida do gradiente de concentração e o cálculo da mobilidade do ouro na região, que são técnicas simples e eficientes de caracterização das superfícies geoquímicas.

Para planejamentos de lavra mais eficientes, seria interessante a visualização dos dados através de ilustrações de malhas geoquímicas em "3D", fazendo-se uso do programa *DATAMINE*. Essa relação espacial possibilitaria a localização dos altos e baixos teores referentes aos dados dos veios de quartzo, sedimentos de drenagem e solos.

Quando se obtiver dados de subsuperfície, seria recomendado que se realizasse uma precisa avaliação das reservas de ouro contido (krigagem) nas áreas investigadas, para caracterizar os setores verdadeiramente anômalos, e também, estipular o

potencial empreendedor favorecendo futuros levantamentos voltados à exploração desse bem mineral.

Como já se conhece as características estatísticas e geológicas das áreas-alvo, poderia se realizar simulações geoestatísticas das estruturas espaciais (variogramas), que são um conjunto de técnicas consideradas como uma alternativa segura para modelar a realidade do fenômeno, e assim fornecer subsídios para análise de risco, reproduzir heterogeneidades do modelo geológico proposto e permitir cálculos e/ou estimativas de teores do metal e reservas de minério da região de estudo.

7. ABSTRACT

The present study deals with the geostatistical analysis of the samples of auriferous soils and alluvial sediments, obtained from the Princesa Isabel district (PB).

The gold occurs in the quartz veins of the Upper Precambrian metasedimentary formations. The metal is being presently explored in the area. The geochemical prospecting was carried out by the CDRM/PB for the purpose of discovering additional new deposits. A wide scale sampling coverage of soils and sediments associated with the deposits of gold of the area has furnished a great amount of data on the occurrences of that metal.

The objectives of this study is to verify the nature of the distribution of the metal in the sediments and its geochemical behavior, and also to detect the presence of a systematic distribution of the gold, using variographic analysis.

Among a total of 129 samples analyzed, the gold present in the sediments varies from 0 to 184.71 ppb, with an average value of 9.44 ppb, and a high variance of 841.49. The coefficient of variation tend to be around 307.24%. A total of 571 samples of soils, were analyzed, with assays varying from 8 ppb to 950 ppb, having an average grade of 52.08 ppb, variance of 10858.45 and coefficient of variation of 200%. The gold distribution in soil and sediments of the study area is log-normal.

The sample assays of soils and sediments were used to develop the variograms, and discover the variographic structure and continuity of the distribution of the metal. The elaborated average variograms developed in this study didn't show a satisfactory structure, but, the directional model indicated a meaningful structure with the zone of influence of 7 m for alluvial sediments, and 1800 m for soils. These variograms further showed hole effect with vertical oscillations and this type of curve represents effects of irregular sedimentation of gold in the sediments and soil. The effect of the elimination of samples with extremes was also investigated. The samples of soils and sediments associated with each vein were grouped to separate the structures of the average variogram. This resulted in significant variographic structures that showed the influence of the mineralized veins in the pattern of distribution of the gold in the sediments and in soils.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA F.F.M. et al. *Províncias Estruturais Brasileiras*. In: Simp. de Geol. do Nordeste, 8. Atas. Campina Grande. Soc. Bras. de Geol.- NE, 1977 (Boletim 6). p.363-391.
- BARBET C.O. *Geologia do Ouro*. In: SHOBHENHAUS C., COELHO C.E.S. (Coord.). *Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília: DNPM, 1988. nº3, cap.24, p.289-300.
- BARBOSA A.J. *As mineralizações auríferas da área PB.01- Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim. Mapas de índices de prospectividade e geológico*. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, 1997. Resumos. Bol. nº15. Fortaleza: SBG. 1997. p.419-420.
- BARBOSA A.J. *Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas Municípios de Manáira e Princesa Isabel – Paraíba*. Programa Nacional de Prospecção de Ouro. Recife, CPRM-PE. 1998. (Série Ouro – Informes Gerais, nº5).
- BARBOSA A.J., WANDERLEY A.A. *Mineralizações auríferas de Cachoeiras de Minas, municípios de Manáira e Princesa Isabel - Paraíba*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, 1998. *Anais....* Belo Horizonte: SBG-MG, 1998. p.149.
- BARBOSA FILHO M. *Introdução à pesquisa: métodos, técnicas e instrumentos*. 3ªed. João Pessoa: União. 1994. 347p.
- BOYLE R.W. *The geochemistry of gold and its deposits*. Geol. Survey of Canadá. Bull 280. Energy, Mines and Resources Canada, 1979. 579p.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Avaliação regional do setor mineral - Paraíba*. Brasília, Bol. nº51. p. 56. 1979.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SB.24/25. Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: DNPM/MME. 744p. il. 1981. (Levantamento de Recursos Naturais, v.23).
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Principais depósitos minerais do nordeste oriental*. Recife-PE, 1984. il. p. 204-213. (Brasil, DNPM. Geologia 24: Seção Geologia Econômica, 4).
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Sumário Mineral*. DNPM: Brasília. 1997. 105p.
- BRITO^a A.L.F., PEDROSA, I.L., PIRES, A.C.R. *Projeto Ouro Princesa Isabel*. Relatório Final. Texto e Anexos. Campina Grande/PB, Convênio SUDENE-CDRM/PB. 1986. 42p. il.

- BRITO^b A.L.F. *Panorama do ouro na Paraíba*. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 12, 1986. Resumo das Comunicações. João Pessoa/PB: SBG-Núcleo Nordeste. 1986. p.35.
- BRITO^c A.L.F. *O ouro de Cachoeira de Minas*. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 12, 1986. Resumo das Comunicações. João Pessoa/PB: SBG-Núcleo Nordeste. 1986. p.23.
- BRITO NEVES B.B. de. *Regionalização geotectônica do precambriano nordestino*. São Paulo, Instituto de Geociências (USP). 1975 (Tese de Doutorado).
- COUTINHO M.G. da N. *Proterozoic lode gold deposits and exploration significance in Borborema Province, Northeast Brazil*. In: Simp. Geol. do Nordeste, 16, 1995. ATAS... Recife (PE). SBG - Núcleo Nordeste. 1995. 14(2):434-441.
- DAMASCENO E.C. *A importância social e econômica da mineração*. Brasil Mineral, São Paulo, n.º 162, p.50- 55. Jun. 1998.
- DANTAS J.R.A., CAULA J.A.L., BRITO NEVES B.B. et al. *Mapa Geológico do Estado da Paraíba*. Texto explicativo. Campina Grande/PB, CDRM-PB. 1982.134p. il.
- DAVID M. *Geostatistical ore reserve estimation*. Elsevier. 1977. 364p.
- DERAISME J. *A few words about geostatistics*. França. 1998. Atualizado em 31/12/98. Disponível na Internet <http://www.geovariances.fr/publications/ar/mining>, Capturado em 2/2/99. Online.
- DERAISME J., FOUQUET C. de. *The geostatistical approach for reserves*. Mining Magazine. New York. 309-313p. May. 1996.
- ENGLUND E., SPARKS A. *Geo-EAS geostatistical enviromental assessment software*. U.S. Environmental Protency Agency, Las Vegas, 1988. (EPA/600/4-88/033^a).
- FRANÇA F.A.B., CABRAL E.M.A., MENOR E.A. et al. *Geologia: Recursos Minerais e sua Metalogenia. Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SB.24/25. Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: DNPM/MME. 1981. p.180-181. (Levantamento de Recursos Naturais, 23).
- GEOVARIANCES. *The universe of geostatistics*. França. 1998. Atualizado em 31/12/1998. Disponível na Internet: <http://www.geovariances.fr/geostatistics/applications>. Capturado em 02/02/99. Online.
- GRIPP A.H. *Utilização de geoestatística para tratamento de dados de prospecção geoquímica*. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo. 22(2):248-251. 1992.
- GUERRA P.A.G. *Geoestatística operacional*. Brasília, DNPM-MME, 1988. 145p.
- INGRAM P. *An introduction to geostatistics*. Austrália. Revisado em 4/3/1997. Macquarie University, Sydney. Disponível na Internet: <http://atlas.es.mq.edu.au/users/pingram/pingram.htm>. Capturado em 19/01/99. Online.
- JOURNAL A.G., HUIJBREGTS C.J. *Mining Geostatistics*. New York, Academic Press. 1978. 600p.
- KRIGE D.G., GUARASCIO M., CAMISANI-CALZOLARI F.A. *Early South African geostatistical techniques in today's perspective*. In: ARMSTRONG M.

- (ed.). Geostatistics: proceedings of the Third International Geostatistics Congress. 1988, France. Kluwer Academic Publishers. 1989. vol.1. p1-19.
- MARON M.A.C. Bens Minerais: Ouro. In: BARBOSA F.L.M., GURMENDI A. C.(Coord.). *Economia Mineral do Brasil*. Brasília:DNPM, 1995. cap.6. p.155-160. (DNPM. Estudos de Política e Economia Mineral, 8).
- MARON M.A.C. *Perfil analítico do ouro*. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984. 144p.
- MELO A.B.C. de, MEDEIROS A.M.T., RODRIGUES M.F.G. et al. *Boletim de Monitoramento Climático da Paraíba*. Campina Grande. UFPB/CCT/LMRS. 1998. 27p.
- MELO Jr. G., LEGRAND J.M., SILVA R.H.P.de. *Alteração hidrotermal associada à instalação da mineralização aurífera em Cachoeira de Minas, Paraíba*. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 16, 1995. ATAS..Recife-PE: SBG - Núcleo Nordeste. 1995. 14(1):86-89.
- MOREIRA E.R.F. *Mesorregiões e Microrregiões da Paraíba: delimitação e caracterização*. João Pessoa. GAPLAN, 1988. 74p.
- NEWTON P.G.N., RIDLEY J.R., GROVES D.I. et al. *Integration of directional variography and structural geology: an example from the Santa-Craze BIF-hosted Au deposit, near Kalgoorlie, Western Australia*. Chronique De La Recherche Minière, n°59, p.105-125. Nov.1997.
- NOBLE A.C., *Ore reserve/Resource Estimation*. In: Hartman, H.L (ed.). *SME Mining Engeneering Handbook*. 2nd Edition. V.1. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Colorado. 1992. Chapter 5.6. p. 344-359.
- OLIVEIRA J.L. de, BRITO A.L.F., JÚNIOR J.R.L. et al. *Projeto Ouro Vale do Piancó*. Relatório Final. Campina Grande/PB, Convênio SUDENE-CDRM. 1982. 125p. il. Mapas.
- OLIVEIRA J.L. de, PIRES A.C.R., BRITO A.L.F. et al. *Projeto Ouro Cachoeira de Minas*. Relatório Final. Campina Grande, CDRM/SUDENE. 1984. 67p. il.
- PIRES A.C.R., OLIVEIRA J.L. de, BRITO A.L.F. et al. *Projeto Ouro Cachoeira de Minas*. Relatório Final. Texto e Anexos. Campina Grande/PB, Convênio SUDENE-CDRM/PB. 1984. 51p. il.
- PONTE NETO O., RIBEIRO A.F. *Panorama do ouro na Bahia*. Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1998. 104p. il.
- PROJETO RADAMBRASIL. Folhas SB.24/25. Jaguaribe/Natal. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro: DNPM/MME. 744p. il. 1981. (Levantamento de Recursos Naturais, v.23).
- RAMOS J.R. de A. *Recursos Auríferos Reais e Potenciais do Brasil*. In: Simp. sobre Mineralizações Auríferas no Estado da Bahia, 1981. *Anais...* Salvador: Soc. Bras. Geol. Núcleo da Bahia. 1981. p. 142-145.
- SANTOS M. J., MENINO I.B., FERNANDES M. de F. *Mapeamento pedológico em parte da região semi-árida do Estado da Paraíba*. In: Simp. Bras. de Sensoriamento Remoto, 6, 1990. *ANAIS...*Manaus, 1990. v.4. p.873-881.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. de A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. *Geologia do Brasil: Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área*

- oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, 1984. 501p. il. 4 map.*
- SILVA FILHO M.A., NESI J.R., MENDES V.A. et al. *Projeto Cachoeirinha. Relatório Final. Texto e Anexos. Recife/PE. DNPM-CPRM. 1985. v.1. 128p. il.*
- SILVA J.G., OLIVEIRA J.J.C., BRITO A.L.F. et al. *Pesquisa de Ouro na Região de Cachoeira de Minas/PB. Relatório Final. Texto e Anexos. Convênio CDRM/OML. Campina Grande, CDRM. 1989. v.1. 177p. il.*
- SILVA J.O. *Custo, competitividade e produtividade das minas de ouro. Brasil Mineral, São Paulo, n° 156, p.42-43. Nov. 1997.*
- SILVA M.A.V., BRAGA C.C., AGUIAR M.J.N. et al. *Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. 2ªed. Campina Grande. UFPB/Núcleo de Meteorologia Aplicada. 1987.*
- SOUTH AFRICAN. *Gold'98: Drowning in liquidity. Mining Journal. New York. p.10-15. Jun. 1998.*
- SOUZA C.G., VIANA C.D.B., WAKE M. et al. *Pedologia: Levantamento Exploratório de Solo. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB.24/25. Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: DNPM/MME. p.349-484. 1981. (Levantamento de Recursos Naturais, v.23).*
- VALENTE J.M.G.P. *Geomatématica (Lições de Geoestatística). Ouro Preto, Fundação Gorceix, 1982. 8v.*
- VEIGA JUNIOR J.P., FERREIRA C.A. *Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil: carta geológica, carta metalogenética/previsional. Esc. 1:100.000 (Folha SB-24-Z-C-VI Afogados da Ingazeira) Estados de Pernambuco e Paraíba. Brasília, DNPM/CPRM, 1990. 121p. il, 2 mapas.*
- VIEIRA A.G.F. *Aplicação da Geoestatística na Avaliação do Comportamento dos Corpos Auríferos na Região do Vale do Piancó-PB. Campina Grande/PB: 1997. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas). Universidade Federal da Paraíba.*

9. BIBLIOGRAFIAS COMPLEMENTARES

- ABREU S.F. *Recursos minerais do Brasil*. Rio de Janeiro: Ed. Edgard Blücher, 1978. v.1.324p.
- ARANTES D., MACKENZIE B.W. *A posição competitiva do Brasil*. Brasil Mineral, São Paulo, nº122, p.24-30. Jan. 1995.
- BASE GEOREF. *Geostatistics*. American Geological Institute, 1785 a 1974. Disponível em CD-ROM.
- BASE GEOREF. *Geostatistics*. American Geological Institute, 1975 a 1985. Disponível em CD-ROM.
- BASE GEOREF. *Geostatistics*. American Geological Institute, 1986 a 1995. Disponível em CD-ROM.
- BASE GEOREF. *Geostatistics*. American Geological Institute, 1996 a Abril de 1997. Disponível em CD-ROM.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Mineração no Brasil: informações básicas para o investidor*. Brasília: DNPM, 1996. 85p.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Bibliografia do Ouro*. Belo Horizonte: Serviço de Edição Regional - SER/BH da Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos, 1995. 202p.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Geologia: Mapas Geológicos*. Belo Horizonte: Núcleo de Divulgação da Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos. 1992. p.26-29.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Geologia: Mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais*. São Paulo: Serviço de Edição Regional de São Paulo. 1994. 200p.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Situação do ouro no Brasil*. Brasília: Serviço de Edição Regional, 1980. 48p. (Série do Ouro, 5).
- DEMO P. *Pesquisa: princípio científico e educativo*. São Paulo: Cortez. 1992. 120p.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. Mapa Rodoviário do Estado da Paraíba. Atualizado pelo LMRS-PB. Convênio PaqTcPb/CCT-UFPB/SEMARH-PB. Escala 1:500.00. 1998. Material Cartográfico.
- FYFE W.S. *Gold transport and deposition: Rules of the game*. In: Symposium Brazil Gold'91. Belo Horizonte/MG. p.7-9. May. 1991.
- GOPINATH T.R., VIEIRA A.G.F., LIMA A.A. et al. *Influence of high gold assays on variogram modeling and kriging in the gold bearing quartz veins of*

- Cachoeira de Minas region, Paraíba, Brazil. Mine Planning and Equipment Selection. 1998. Raj K. Singhal (ed.). Balkema, Rotterdam, 1998. p.337-342.*
- GROSSI SAD J.H. *Fundamentos sobre a variabilidade dos depósitos minerais.* Colaboração de H. Quade. Rio de Janeiro: DNPM/CPRM-GEOSOL. 1986. 141p.
- ISAAKS E.H., SRIVASTAVA R.M. *Applied Geostatistics.* New York. Oxford University Press. 1989. 561p.
- LAKATOS E.M., MARCONI M. de A. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisas bibliográficas, projetos e relatórios, publicações e trabalhos científicos.* 4ªed. São Paulo: Atlas. 1992. 214p.
- LANDIM P.M.B. *Introdução à geoestatística.* Rio Claro, Unesp, 1988. 144p. (Publicação Didática, 3).
- LICHT O.A.B. *Prospecção geoquímica: princípios, técnicas e métodos.* Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 236p. il.
- LINS C.A.C., SCHEID C. *Projeto ouro de Pernambuco e Paraíba.* Relatório Final. Texto e Anexos. Recife, CPRM. v.1.1981.
- MARANHÃO R.J.L. *Introdução à Pesquisa Mineral.* BNB-ETENE, Fortaleza, 1982. 680p.
- METAMIG. *Ouro.* Secr. de Ind., Com. e Tur. de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1981. 222p.
- OLIVEIRA J., SALLES J.J.C., GUERRA P.A.G. *Estudos estatísticos e geoestatísticos para controle de lavra, da jazida N4E de Carajás.* CVRD-Revista, v.7. n°24. 1986.
- OLIVEIRA J.J.C. *Mapa de amostragem e teores de ouro no solo, expressos em ppb.* Princesa Isabel/PB, 1989. 1 mapa: color. Escala 1:10.000. Pesquisa de Ouro na Região de Cachoeira de Minas/PB. Anexo 3. Material Cartográfico.
- OLIVEIRA J.L. de, JÚNIOR, J.R.L. *Mapa de Pontos.* Bacia do Piancó/PB, 1982. 1 mapa: color. Escala 1:100.000. Projeto Ouro Vale do Piancó. Anexo 6. Material Cartográfico.
- RENDU J. M., MATHIESON G. *Statistical and Geostatistical Methods.* In: KENNEDY B.A. (ed.). *Surface Mining.* 2nd Edition. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Colorado. 1990. Chapter 3.3. p. 301-348.
- SÁ E.S. de, GAUDIE-LEY M.D.L. de M., DAVELLI A.L.F. et al. *Manual de normalização de trabalhos técnicos, científicos e culturais.* 4ªed. Petrópolis, R.J.:Vozes. 1994. 189p.
- SATO, E.Y. *Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais.* Folha SB.24-Z-C. Serra Talhada. Texto e Mapas. Convênio CPRM/DNPM. Brasília. 1987. 4p. il., lis. rec. min. 3 mapas. Escala 1:250.000. 1987. Material Cartográfico.
- SKINNER B.J. *Recursos Minerais da Terra.* Série de textos Básicos em Geociências. Ed. Edgard Blücher. São Paulo. 1970. 140p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. *Manual de estrutura e apresentação de Dissertações e Teses.* João Pessoa: UFPB. 1999. 6p.

- VALENTE J.M.G.P, REINHARDT, M.C. *A importância da avaliação dos teores na viabilização de pequenos depósitos de metais preciosos*. In: Simp. Inter. do Ouro, 4, 1988. Rio de Janeiro. 1988. 36p.
- VIEIRA A.G.F., GOPINATH T.R., LIMA A.A. *Geostatistical appraisal of the Upper Precambrian gold deposits of the Cachoeira de Minas region, Paraíba, Brazil*. Mine Planning and Equipment Selection. 1997. V. Strakos, V. Kebo, R. Farana & L. Smutny (eds). Balkema, Rotterdam, 1997. p.101-106.

10. ANEXOS

ANEXO A- Os teores de ouro contidos nos solos e suas respectivas localizações.

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	L(m)	N(m)	Ouro(ppb)
2255.0	4470.0	12.0 '01'	2920.0	5475.0	18.0 '30'
2220.0	4495.0	9.0 '02'	3150.0	5545.0	10.0 '31'
2195.0	4520.0	18.0 '03'	3140.0	5555.0	13.0 '32'
2180.0	4535.0	9.0 '04'	3080.0	5605.0	12.0 '33'
2640.0	4245.0	13.0 '05'	3060.0	5620.0	13.0 '34'
2510.0	4365.0	20.0 '06'	3045.0	5630.0	9.0 '35'
2490.0	4375.0	10.0 '07'	3255.0	5730.0	8.0 '36'
2410.0	4460.0	21.0 '08'	3180.0	5790.0	12.0 '37'
2310.0	4560.0	28.0 '09'	3375.0	5880.0	10.0 '38'
2295.0	4570.0	10.0 '10'	3350.0	5905.0	19.0 '39'
2280.0	4585.0	15.0 '11'	3740.0	6105.0	9.0 '40'
2325.0	4665.0	13.0 '12'	3720.0	6120.0	21.0 '41'
2705.0	4620.0	11.0 '13'	3705.0	6130.0	39.0 '42'
2620.0	4680.0	11.0 '14'	3795.0	6320.0	69.0 '43'
2830.0	4775.0	14.0 '15'	1630.0	4080.0	10.0 '44'
2810.0	4790.0	11.0 '16'	1240.0	4395.0	18.0 '45'
2780.0	4815.0	9.0 '17'	1220.0	4410.0	10.0 '46'
2760.0	4825.0	9.0 '18'	1125.0	4485.0	40.0 '47'
2740.0	4835.0	9.0 '19'	1465.0	4495.0	60.0 '48'
2670.0	4905.0	9.0 '20'	1715.0	4670.0	96.0 '49'
2650.0	4920.0	76.0 '21'	1575.0	4815.0	320.0 '50'
2620.0	4940.0	9.0 '22'	1465.0	4930.0	53.0 '51'
2985.0	4720.0	22.0 '23'	1410.0	4990.0	28.0 '52'
2870.0	4990.0	13.0 '24'	1735.0	5120.0	800.0 '53'
2840.0	5020.0	10.0 '25'	4215.0	2550.0	38.0 '54'
2905.0	5225.0	15.0 '26'	4205.0	2570.0	14.0 '55'
2980.0	5425.0	14.0 '27'	4175.0	2605.0	153.0 '56'
2965.0	5440.0	35.0 '28'	4005.0	2780.0	38.0 '57'
2935.0	5465.0	11.0 '29'	3990.0	2800.0	48.0 '58'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)		L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
3755.0	3055.0	48.0	'59'	1350.0	3255.0	15.0	'91'
3645.0	2900.0	10.0	'60'	1370.0	3240.0	10.0	'92'
3595.0	2935.0	91.0	'61'	1450.0	3440.0	47.0	'93'
3565.0	2960.0	15.0	'62'	1430.0	3455.0	12.0	'94'
3750.0	3140.0	84.0	'63'	1400.0	3480.0	25.0	'95'
3685.0	3190.0	12.0	'64'	1365.0	3500.0	17.0	'96'
3925.0	3260.0	15.0	'65'	1350.0	3520.0	9.0	'97'
3910.0	3275.0	10.0	'66'	1550.0	3615.0	14.0	'98'
3145.0	3230.0	10.0	'67'	1510.0	3640.0	38.0	'99'
3110.0	3295.0	16.0	'68'	1495.0	3655.0	32.0	'100'
3025.0	3370.0	14.0	'69'	1690.0	3580.0	137.0	'101'
3400.0	3155.0	51.0	'70'	1700.0	3625.0	9.0	'102'
3260.0	3270.0	12.0	'71'	1605.0	3705.0	11.0	'103'
3230.0	3295.0	11.0	'72'	1525.0	3760.0	10.0	'104'
3200.0	3320.0	23.0	'73'	1825.0	3585.0	18.0	'105'
3370.0	3475.0	14.0	'74'	1750.0	3650.0	9.0	'106'
3330.0	3515.0	10.0	'75'	1655.0	3725.0	15.0	'107'
2920.0	3960.0	14.0	'76'	1640.0	3735.0	10.0	'108'
2860.0	4030.0	28.0	'77'	1625.0	3745.0	9.0	'109'
4080.0	3385.0	13.0	'78'	1585.0	3775.0	40.0	'110'
4045.0	3415.0	28.0	'79'	1795.0	3750.0	10.0	'111'
4035.0	3425.0	16.0	'80'	1730.0	3795.0	56.0	'112'
4020.0	3440.0	13.0	'81'	1715.0	3810.0	130.0	'113'
4190.0	3560.0	16.0	'82'	1700.0	3825.0	17.0	'114'
1155.0	3435.0	10.0	'83'	1835.0	3820.0	950.0	'115'
1125.0	3475.0	60.0	'84'	1820.0	3830.0	400.0	'116'
990.0	3660.0	13.0	'85'	1800.0	3845.0	59.0	'117'
970.0	3695.0	10.0	'86'	1785.0	3860.0	550.0	'118'
795.0	3930.0	74.0	'87'	1770.0	3875.0	400.0	'119'
1255.0	3300.0	63.0	'88'	1755.0	3885.0	500.0	'120'
1305.0	3290.0	76.0	'89'	1740.0	3900.0	12.0	'121'
1320.0	3275.0	9.0	'90'	1725.0	3910.0	12.0	'122'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
1890.0	3850.0	38.0	'123'
1875.0	3865.0	33.0	'124'
1860.0	3880.0	14.0	'125'
1845.0	3890.0	41.0	'126'
1830.0	3900.0	69.0	'127'
1785.0	3955.0	9.0	'129'
1775.0	3990.0	22.0	'130'
1765.0	4000.0	23.0	'131'
1840.0	4020.0	300.0	'132'
1780.0	3970.0	400.0	'133'
1970.0	4020.0	12.0	'134'
1955.0	4035.0	12.0	'135'
1935.0	4045.0	25.0	'136'
1920.0	4060.0	40.0	'137'
2090.0	3960.0	10.0	'138'
2075.0	3970.0	10.0	'139'
2015.0	4025.0	13.0	'140'
2000.0	4035.0	10.0	'141'
1970.0	4060.0	38.0	'142'
1860.0	4145.0	17.0	'143'
2040.0	4110.0	12.0	'144'
2020.0	4125.0	60.0	'145'
2005.0	4135.0	450.0	'146'
2080.0	4160.0	20.0	'147'
2065.0	4175.0	50.0	'148'
2045.0	4185.0	300.0	'149'
2030.0	4200.0	10.0	'150'
2015.0	4210.0	10.0	'151'
2360.0	4020.0	12.0	'152'
2275.0	4095.0	38.0	'153'
2115.0	4200.0	500.0	'154'
2105.0	4260.0	13.0	'155'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
2170.0	4275.0	300.0	'156'
2140.0	4300.0	10.0	'157'
2020.0	2130.0	23.0	'158'
2010.0	2140.0	477.0	'159'
2000.0	2150.0	9.0	'160'
2060.0	2315.0	17.0	'161'
2075.0	2300.0	39.0	'162'
2440.0	2195.0	26.0	'163'
2130.0	2100.0	9.0	'164'
2220.0	2040.0	13.0	'165'
2255.0	2010.0	22.0	'166'
1840.0	2310.0	14.0	'167'
2325.0	1950.0	11.0	'168'
2335.0	1940.0	12.0	'169'
2350.0	1930.0	10.0	'170'
1870.0	2425.0	10.0	'171'
1855.0	2445.0	10.0	'172'
1840.0	2460.0	12.0	'173'
1820.0	2500.0	11.0	'174'
1810.0	2510.0	9.0	'175'
1730.0	2620.0	10.0	'176'
2375.0	2120.0	13.0	'177'
2405.0	2100.0	10.0	'178'
2425.0	2085.0	36.0	'179'
2450.0	2055.0	17.0	'180'
2510.0	1995.0	17.0	'181'
2525.0	1980.0	13.0	'182'
2535.0	1970.0	17.0	'183'
2545.0	1955.0	18.0	'184'
2555.0	1945.0	19.0	'185'
2570.0	1935.0	16.0	'186'
2580.0	1915.0	14.0	'187'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
2595.0	1905.0	20.0	'188'
2605.0	1895.0	146.0	'189'
2615.0	1880.0	40.0	'190'
2625.0	1870.0	72.0	'191'
2640.0	1855.0	21.0	'192'
2650.0	1840.0	54.0	'193'
2665.0	1825.0	58.0	'194'
2675.0	1815.0	44.0	'195'
2705.0	1780.0	33.0	'196'
2715.0	1765.0	180.0	'197'
2735.0	1755.0	189.0	'198'
2745.0	1740.0	386.0	'199'
2760.0	1720.0	476.0	'200'
2775.0	1710.0	46.0	'201'
2790.0	1695.0	27.0	'202'
2800.0	1680.0	22.0	'203'
2815.0	1670.0	32.0	'204'
2825.0	1660.0	75.0	'205'
2840.0	1645.0	308.0	'206'
2855.0	1630.0	454.0	'207'
2865.0	1615.0	14.0	'208'
2875.0	1600.0	45.0	'209'
2885.0	1585.0	73.0	'210'
2900.0	1575.0	27.0	'211'
2915.0	1560.0	20.0	'212'
2925.0	1545.0	45.0	'213'
2940.0	1530.0	19.0	'214'
2955.0	1515.0	23.0	'215'
2965.0	1505.0	15.0	'216'
2975.0	1485.0	10.0	'217'
2995.0	1470.0	33.0	'218'
3015.0	1455.0	12.0	'219'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
3055.0	1405.0	46.0	'220'
3070.0	1390.0	35.0	'221'
3080.0	1380.0	11.0	'222'
3090.0	1370.0	17.0	'223'
3110.0	1350.0	15.0	'224'
3125.0	1335.0	11.0	'225'
3140.0	1315.0	11.0	'226'
3150.0	1305.0	19.0	'227'
3165.0	1295.0	23.0	'228'
3175.0	1280.0	17.0	'229'
3185.0	1275.0	20.0	'230'
3205.0	1255.0	13.0	'231'
3220.0	1235.0	17.0	'232'
3230.0	1225.0	21.0	'233'
3240.0	1215.0	15.0	'234'
3270.0	1185.0	17.0	'235'
3295.0	1155.0	17.0	'236'
3305.0	1140.0	11.0	'237'
3320.0	1130.0	13.0	'238'
3335.0	1110.0	11.0	'239'
3375.0	1070.0	13.0	'240'
3420.0	1030.0	19.0	'241'
3430.0	1015.0	13.0	'242'
3445.0	1000.0	33.0	'243'
3290.0	1590.0	11.0	'244'
3275.0	1605.0	11.0	'245'
3265.0	1615.0	10.0	'246'
3205.0	1670.0	11.0	'247'
3185.0	1680.0	30.0	'248'
3125.0	1735.0	9.0	'249'
3225.0	1760.0	10.0	'250'
3750.0	1210.0	9.0	'251'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)		L(m)	N(m)	Ouro(ppb)
3390.0	1715.0	12.0	'252'	2090.0	550.0	10.0 '286'
3355.0	1760.0	11.0	'253'	2105.0	520.0	47.0 '287'
3340.0	1770.0	392.0	'254'	2120.0	495.0	124.0 '288'
3325.0	1785.0	256.0	'255'	2640.0	520.0	157.0 '289'
3310.0	1795.0	10.0	'256'	2405.0	735.0	13.0 '290'
3295.0	1810.0	21.0	'257'	2395.0	745.0	17.0 '291'
3280.0	1820.0	646.0	'258'	2385.0	760.0	31.0 '292'
3265.0	1830.0	18.0	'259'	2375.0	770.0	60.0 '293'
3250.0	1840.0	11.0	'260'	2365.0	780.0	10.0 '294'
3195.0	1890.0	30.0	'261'	2350.0	790.0	11.0 '295'
3180.0	1905.0	45.0	'262'	2330.0	800.0	19.0 '296'
1570.0	990.0	14.0	'263'	2320.0	815.0	19.0 '297'
1610.0	915.0	13.0	'264'	2305.0	825.0	12.0 '298'
1630.0	950.0	34.0	'265'	2295.0	840.0	40.0 '299'
1770.0	1090.0	12.0	'266'	2285.0	850.0	9.0 '300'
1785.0	1075.0	18.0	'267'	2195.0	940.0	78.0 '301'
1820.0	1025.0	14.0	'268'	2185.0	950.0	18.0 '302'
1835.0	1005.0	100.0	'269'	2095.0	1030.0	19.0 '303'
1665.0	1050.0	10.0	'270'	2020.0	1090.0	30.0 '304'
1675.0	1035.0	26.0	'271'	2005.0	1110.0	17.0 '305'
1680.0	1025.0	608.0	'272'	1825.0	1300.0	99.0 '306'
1690.0	1015.0	85.0	'273'	1630.0	1610.0	18.0 '307'
1695.0	1005.0	90.0	'274'	1690.0	1570.0	14.0 '308'
1700.0	995.0	416.0	'275'	1555.0	1705.0	16.0 '309'
1725.0	970.0	320.0	'278'	1970.0	1640.0	11.0 '310'
1730.0	965.0	16.0	'279'	2000.0	1575.0	21.0 '311'
1740.0	950.0	64.0	'280'	2010.0	1560.0	12.0 '312'
2140.0	625.0	31.0	'281'	2025.0	1545.0	93.0 '313'
2155.0	610.0	102.0	'282'	2045.0	1525.0	54.0 '314'
2025.0	640.0	12.0	'283'	2055.0	1490.0	31.0 '315'
2050.0	610.0	162.0	'284'	2065.0	1470.0	12.0 '316'
2070.0	580.0	57.0	'285'	2090.0	1430.0	153.0 '317'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
2130.0	1390.0	31.0	'318'
2140.0	1375.0	15.0	'319'
2145.0	1365.0	57.0	'320'
2155.0	1350.0	43.0	'321'
2165.0	1330.0	55.0	'322'
2180.0	1320.0	51.0	'323'
2190.0	1300.0	30.0	'324'
2200.0	1290.0	33.0	'325'
2210.0	1280.0	19.0	'326'
2220.0	1270.0	97.0	'327'
2230.0	1250.0	31.0	'328'
2240.0	1240.0	19.0	'329'
2250.0	1225.0	12.0	'330'
2265.0	1210.0	12.0	'331'
2275.0	1195.0	27.0	'332'
2285.0	1180.0	17.0	'333'
2315.0	1140.0	15.0	'334'
2335.0	1120.0	10.0	'335'
2345.0	1110.0	10.0	'336'
2355.0	1095.0	12.0	'337'
2385.0	1055.0	15.0	'338'
2395.0	1045.0	17.0	'339'
2405.0	1035.0	15.0	'340'
2420.0	1015.0	10.0	'341'
2445.0	970.0	25.0	'342'
2470.0	940.0	12.0	'343'
2620.0	730.0	148.0	'344'
2630.0	710.0	10.0	'345'
2640.0	695.0	17.0	'346'
2700.0	610.0	14.0	'347'
1945.0	1160.0	10.0	'348'
1900.0	1210.0	95.0	'349'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
1815.0	1360.0	20.0	'350'
1800.0	1390.0	20.0	'351'
1710.0	1560.0	123.0	'352'
1260.0	2330.0	95.0	'353'
735.0	3385.0	66.0	'354'
680.0	3495.0	38.0	'355'
1005.0	3005.0	30.0	'356'
1240.0	3055.0	27.0	'357'
1270.0	3080.0	37.0	'358'
1530.0	2010.0	10.0	'359'
1545.0	2000.0	22.0	'360'
1615.0	1950.0	17.0	'361'
1895.0	2120.0	10.0	'362'
2145.0	1870.0	22.0	'363'
3040.0	805.0	18.0	'364'
2055.0	2100.0	13.0	'365'
3145.0	1935.0	35.0	'366'
3115.0	1960.0	42.0	'367'
3100.0	1970.0	29.0	'368'
3075.0	1990.0	10.0	'369'
3000.0	2055.0	32.0	'370'
2970.0	2080.0	24.0	'371'
2920.0	2125.0	18.0	'372'
2895.0	2145.0	25.0	'373'
3280.0	1905.0	18.0	'374'
3460.0	1875.0	13.0	'375'
3470.0	2600.0	11.0	'376'
3455.0	2640.0	19.0	'377'
3435.0	2640.0	9.0	'378'
3480.0	2485.0	11.0	'379'
3465.0	2475.0	12.0	'380'
3435.0	2440.0	11.0	'381'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	L(m)	N(m)	Ouro(ppb)
3425.0	2430.0	27.0 '382'	2540.0	1505.0	20.0 '414'
3415.0	2420.0	14.0 '383'	2530.0	1520.0	18.0 '415'
3400.0	2410.0	15.0 '384'	2520.0	1530.0	20.0 '416'
3385.0	2400.0	61.0 '385'	2510.0	1550.0	21.0 '417'
3375.0	2390.0	11.0 '386'	2500.0	1570.0	20.0 '418'
3360.0	2375.0	11.0 '387'	2490.0	1585.0	23.0 '419'
3350.0	2365.0	59.0 '388'	2480.0	1600.0	41.0 '420'
3335.0	2345.0	37.0 '389'	2460.0	1630.0	25.0 '421'
3325.0	2335.0	23.0 '390'	2450.0	1645.0	19.0 '422'
3315.0	2325.0	53.0 '391'	2440.0	1660.0	720.0 '423'
3305.0	2310.0	145.0 '392'	2430.0	1685.0	30.0 '424'
3295.0	2295.0	224.0 '393'	2420.0	1690.0	69.0 '425'
3280.0	2285.0	14.0 '394'	2405.0	1705.0	11.0 '426'
3270.0	2265.0	10.0 '395'	2390.0	1720.0	160.0 '427'
2540.0	1425.0	9.0 '396'	2370.0	1755.0	32.0 '428'
2530.0	1440.0	10.0 '397'	2625.0	1480.0	26.0 '429'
2520.0	1455.0	10.0 '398'	2615.0	1495.0	15.0 '430'
2510.0	1475.0	10.0 '399'	2600.0	1510.0	18.0 '431'
2470.0	1535.0	9.0 '400'	2590.0	1525.0	27.0 '432'
2460.0	1545.0	10.0 '401'	2580.0	1545.0	10.0 '433'
2430.0	1575.0	192.0 '402'	2570.0	1560.0	12.0 '434'
2420.0	1605.0	12.0 '403'	2560.0	1575.0	16.0 '435'
2410.0	1625.0	40.0 '404'	2550.0	1595.0	16.0 '436'
2390.0	1655.0	108.0 '405'	2525.0	1625.0	40.0 '437'
2365.0	1685.0	68.0 '406'	2480.0	1690.0	158.0 '438'
2350.0	1700.0	67.0 '407'	2440.0	1755.0	16.0 '439'
2340.0	1715.0	140.0 '408'	2430.0	1770.0	62.0 '440'
2330.0	1730.0	45.0 '409'	2445.0	1835.0	11.0 '441'
2320.0	1745.0	17.0 '410'	2470.0	1800.0	24.0 '442'
2570.0	1460.0	16.0 '411'	2480.0	1785.0	21.0 '443'
2560.0	1475.0	16.0 '412'	2525.0	1725.0	13.0 '444'
2550.0	1490.0	18.0 '413'	2535.0	1710.0	51.0 '445'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	L(m)	N(m)	Ouro(ppb)
2570.0	1660.0	20.0 '446'	3570.0	2065.0	17.0 '478'
2590.0	1630.0	60.0 '447'	3560.0	2080.0	19.0 '479'
2600.0	1615.0	16.0 '448'	3540.0	2095.0	24.0 '480'
2610.0	1600.0	164.0 '449'	3520.0	2125.0	33.0 '481'
2635.0	1570.0	15.0 '450'	3490.0	2165.0	11.0 '482'
2645.0	1550.0	288.0 '451'	3475.0	2180.0	13.0 '483'
2660.0	1535.0	22.0 '452'	3465.0	2195.0	67.0 '484'
2670.0	1515.0	70.0 '453'	3445.0	2220.0	59.0 '485'
2650.0	2375.0	28.0 '454'	3430.0	2240.0	17.0 '486'
2635.0	2405.0	134.0 '455'	3415.0	2255.0	25.0 '487'
2615.0	2420.0	22.0 '456'	3400.0	2265.0	83.0 '488'
2605.0	2430.0	132.0 '457'	3390.0	2275.0	11.0 '489'
2590.0	2440.0	49.0 '458'	3330.0	2345.0	15.0 '490'
2695.0	2375.0	352.0 '459'	3315.0	2355.0	17.0 '491'
2670.0	2395.0	17.0 '460'	3090.0	2570.0	36.0 '492'
2655.0	2405.0	12.0 '461'	2960.0	2665.0	10.0 '493'
2640.0	2415.0	22.0 '462'	2930.0	2690.0	9.0 '494'
2960.0	2405.0	41.0 '463'	4035.0	1885.0	24.0 '495'
2950.0	2415.0	10.0 '464'	3820.0	2175.0	60.0 '496'
2930.0	2430.0	27.0 '465'	3810.0	2185.0	11.0 '497'
2915.0	2445.0	13.0 '466'	3800.0	2205.0	28.0 '498'
2900.0	2460.0	31.0 '467'	3775.0	2240.0	12.0 '499'
2880.0	2475.0	20.0 '468'	3740.0	2295.0	15.0 '500'
2865.0	2485.0	10.0 '469'	3715.0	2330.0	17.0 '501'
3710.0	1860.0	15.0 '470'	3690.0	2365.0	28.0 '502'
3700.0	1890.0	265.0 '471'	3625.0	2460.0	22.0 '503'
3675.0	1925.0	13.0 '472'	3595.0	2510.0	69.0 '504'
3650.0	1950.0	53.0 '473'	3580.0	2530.0	17.0 '505'
3620.0	2000.0	247.0 '474'	3520.0	2615.0	17.0 '506'
3605.0	2015.0	11.0 '475'	3460.0	2715.0	31.0 '507'
3595.0	2030.0	23.0 '476'	4420.0	2100.0	9.0 '508'
3580.0	2050.0	13.0 '477'	4415.0	2115.0	17.0 '509'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
4405.0	2130.0	62.0	'510'
4400.0	2145.0	39.0	'511'
4395.0	2160.0	93.0	'512'
4390.0	2175.0	14.0	'513'
4380.0	2190.0	25.0	'514'
4375.0	2205.0	12.0	'515'
4465.0	2115.0	25.0	'516'
4455.0	2135.0	34.0	'517'
4435.0	2190.0	59.0	'518'
4420.0	2225.0	21.0	'519'
4510.0	2135.0	53.0	'520'
4505.0	2155.0	10.0	'521'
4465.0	2240.0	9.0	'522'
4325.0	2320.0	19.0	'523'
4310.0	2350.0	9.0	'524'
4265.0	2435.0	20.0	'525'
2740.0	2735.0	27.0	'526'
2725.0	2750.0	20.0	'527'
2710.0	2765.0	15.0	'528'
2695.0	2775.0	38.0	'529'
2680.0	2790.0	34.0	'530'
2665.0	2800.0	10.0	'531'
2650.0	2815.0	20.0	'532'
2635.0	2830.0	18.0	'533'
2620.0	2840.0	16.0	'534'
2605.0	2855.0	13.0	'535'
2585.0	2865.0	23.0	'536'
2570.0	2880.0	23.0	'537'
2800.0	2795.0	93.0	'538'
2780.0	2810.0	22.0	'539'
2770.0	2820.0	10.0	'540'
2755.0	2835.0	128.0	'541'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
2740.0	2845.0	27.0	'542'
2725.0	2860.0	448.0	'543'
2695.0	2885.0	14.0	'544'
2680.0	2895.0	11.0	'545'
2660.0	2910.0	167.0	'546'
2645.0	2925.0	19.0	'547'
2630.0	2935.0	19.0	'548'
2965.0	2595.0	9.0	'549'
2580.0	2975.0	14.0	'550'
2815.0	2890.0	69.0	'551'
2800.0	2900.0	25.0	'552'
2780.0	2915.0	16.0	'553'
2755.0	2940.0	11.0	'554'
2740.0	2955.0	12.0	'555'
2725.0	2965.0	20.0	'556'
2710.0	2975.0	28.0	'557'
2695.0	2990.0	14.0	'558'
2680.0	3000.0	11.0	'559'
2665.0	3015.0	11.0	'560'
2200.0	2920.0	10.0	'561'
2270.0	2840.0	10.0	'562'
3170.0	2755.0	10.0	'563'
3185.0	2745.0	24.0	'564'
3230.0	2705.0	9.0	'565'
3250.0	2695.0	37.0	'566'
3395.0	2820.0	13.0	'567'
3415.0	2830.0	12.0	'568'
3400.0	2835.0	10.0	'569'
3385.0	2845.0	17.0	'570'
3370.0	2860.0	13.0	'571'
3330.0	2905.0	103.0	'572'
3305.0	2970.0	12.0	'573'

L(m) N(m) Ouro(ppb)
3295.0 2990.0 33.0 '574'

ANEXO B- Os teores de ouro contidos nos sedimentos e suas respectivas localizações.

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	L(m)	N(m)	Ouro(ppb)
603.3	156.0	0.08 '01'	601.6	156.5	0.40 '133'
603.1	159.5	0.45 '02'	602.6	157.4	4.19 '134'
602.7	158.3	3.96 '03'	601.8	159.1	41.90 '135'
603.1	157.6	0.09 '04'	601.6	158.3	7.60 '136'
604.0	158.0	0.12 '05'	602.1	157.8	18.85 '137'
603.6	159.4	0.18 '06'	603.6	158.3	67.16 '138'
602.2	161.0	0.07 '07'	604.1	159.3	21.68 '140'
602.0	160.4	0.06 '08'	603.0	162.3	7.84 '143'
604.7	164.2	0.06 '15'	603.2	163.2	2.81 '145'
603.4	165.5	0.08 '16'	604.0	163.7	1.30 '146'
601.5	166.1	0.03 '17'	602.1	164.1	20.93 '147'
602.2	165.0	0.06 '18'	596.5	163.6	12.01 '148'
602.5	164.8	0.04 '19'	596.0	163.9	0.68 '149'
607.3	157.3	0.04 '25'	599.0	164.0	1.81 '150'
609.2	155.3	0.05 '30'	600.8	156.7	6.97 '151'
590.3	155.9	0.04 '34'	605.5	158.2	1.93 '152'
590.9	155.9	0.02 '35'	605.5	157.8	0.46 '153'
590.2	158.6	1.18 '37'	599.6	158.9	0.09 '154'
590.3	160.8	0.02 '44'	604.2	157.1	0.26 '156'
595.2	158.1	0.69 '47'	604.0	157.5	4.56 '157'
593.1	160.1	0.03 '48'	604.5	157.8	0.47 '158'
594.0	160.2	0.05 '49'	595.2	162.6	0.11 '159'
591.8	163.7	0.04 '52'	591.7	162.5	2.78 '162'
602.8	160.8	27.59 '57'	591.5	162.1	0.06 '163'
603.1	160.4	134.75 '58'	591.2	162.9	26.29 '164'
603.2	160.1	82.67 '59'	590.9	161.9	0.11 '165'
603.1	158.4	183.52 '60'	592.3	163.1	1.79 '166'
603.5	157.6	1.50 '61'	593.0	161.8	0.13 '167'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)		L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
597.1	162.4	0.07	'168'	594.9	165.5	0.03	'213'
596.5	161.7	0.42	'169'	594.5	166.0	0.35	'214'
600.0	163.5	7.75	'173'	589.8	165.4	0.04	'215'
600.3	163.4	0.19	'174'	590.4	165.8	0.04	'216'
600.5	163.0	2.22	'175'	591.5	169.3	0.03	'219'
601.1	159.5	0.29	'176'	591.4	168.5	0.01	'220'
601.4	159.6	4.46	'177'	592.1	168.7	0.25	'221'
601.3	164.8	0.52	'178'	593.8	165.3	0.04	'223'
601.5	164.6	3.88	'179'	605.0	173.2	0.35	'230'
602.6	164.4	0.51	'180'	607.0	173.3	0.09	'231'
600.7	161.2	0.50	'181'	606.6	171.9	0.57	'232'
600.5	161.5	7.90	'182'	605.5	170.9	0.13	'233'
600.2	162.4	6.68	'183'	606.5	170.6	2.18	'234'
596.8	157.5	0.70	'184'	608.1	165.2	0.28	'235'
597.0	157.0	0.85	'185'	606.0	168.2	4.24	'236'
597.1	155.8	0.87	'186'	595.2	164.3	0.03	'237'
596.6	155.9	1.77	'187'	601.1	155.3	0.08	'238'
596.2	160.4	2.61	'191'	598.3	160.5	0.26	'239'
594.6	158.7	2.58	'192'	597.7	159.3	0.18	'240'
591.6	157.0	4.80	'193'	598.3	158.8	7.46	'241'
592.1	157.1	0.44	'194'	598.6	158.5	0.33	'242'
592.8	159.3	5.79	'195'	599.2	159.6	7.56	'243'
592.6	161.0	0.28	'196'	599.2	158.1	12.92	'244'
596.3	164.5	0.30	'197'	602.5	167.5	0.18	'246'
595.8	165.0	0.15	'198'	602.8	167.1	0.23	'247'
595.1	165.8	1.61	'199'	603.6	167.6	0.94	'248'
601.0	167.4	0.55	'202'	598.7	162.7	184.71	'251'
602.5	167.9	0.16	'203'	597.5	162.5	8.94	'252'
602.9	168.5	0.35	'204'	597.9	163.2	19.89	'253'
593.2	168.5	0.53	'206'	597.9	164.3	0.09	'254'
591.5	166.6	0.06	'211'	597.8	168.8	49.36	'255'
598.1	166.3	0.07	'212'	598.3	163.5	14.97	'256'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
597.6	173.0	11.33	'257'
597.7	170.7	2.16	'258'
598.1	172.5	0.50	'259'
600.8	173.5	114.04	'260'

L(m)	N(m)	Ouro(ppb)	
600.5	170.6	11.35	'261'
607.3	167.0	0.38	'262'
606.9	166.8	0.23	'263'
590.2	174.9	6.22	'571'
593.3	174.8	2.51	'572'

ANEXO C – Resultados dos variogramas elaborados, com as especificações das quantidades de pares e distâncias médias e estimadas computadas entre pares de amostras.

RESULTS						
Variable: Ouro	Minimum : 8.000		Estimator : Variogram		Direction : 45.000	
	Maximum : 950.000		Total Pairs : 9287		Tolerance : 45.000	
					BandWidth : n/a	
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate	
1	857	194.894	13	151	3721.781	3795.500
2	1177	450.612	14	70	4029.367	3225.021
3	1159	747.534	15	65	4326.111	5158.508
4	921	1051.949	16	12	4560.127	8323.458
5	859	1352.682	17			
6	1039	1640.087	18			
7	823	1944.463	19			
8	764	2227.577	20			
9	482	2539.629	21			
10	489	2834.349	22			
11	214	3147.063	23			
12	205	3450.978	24			

Resultado do variograma de solos com extremos.

RESULTS						
Variable: Ouro	Minimum : 8.000		Estimator : Variogram		Direction : 30.000	
	Maximum : 99.000		Total Pairs : 6401		Tolerance : 35.000	
					BandWidth : n/a	
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate	
1	495	207.540	13	13	3929.192	817.269
2	845	484.291	14	24	4174.732	542.333
3	746	778.911	15	1	4461.180	1512.500
4	780	1083.750	16			
5	759	1421.724	17			
6	885	1705.268	18			
7	764	2035.120	19			
8	450	2344.772	20			
9	309	2656.890	21			
10	193	2962.354	22			
11	80	3253.611	23			
12	57	3640.266	24			

Resultado do variograma de solos sem extremos.

RESULTS							
Variable:	Ouro		Estimator :	Variogram		Direction :	135.000
Minimum :	8.000		Total Pairs :	4889		Tolerance :	45.000
Maximum :	950.000					BandWidth :	n/a
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	350	95.642	26123.780	13	369	2468.424	9218.297
2	200	287.296	11935.250	14	321	2679.923	11330.560
3	130	503.466	1559.942	15	216	2868.691	21835.700
4	250	709.997	20466.530	16	100	3062.244	1904.020
5	338	888.954	25952.900	17	54	3261.852	12308.260
6	219	1082.019	51407.320	18	35	3455.811	19970.130
7	252	1287.932	28470.630	19	19	3632.939	16888.370
8	383	1491.210	20172.000	20	2	3782.835	996.500
9	289	1676.335	9862.829	21			
10	321	1892.465	7940.480	22			
11	582	2085.937	13943.270	23			
12	459	2282.423	17576.850	24			

Resultado do variograma de solos com extremos do Setor Farias.

RESULTS							
Variable:	Ouro		Estimator :	Variogram		Direction :	75.000
Minimum :	8.000		Total Pairs :	3902		Tolerance :	30.000
Maximum :	96.000					BandWidth :	n/a
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	135	143.703	277.744	13	165	2494.472	287.112
2	316	282.039	279.410	14	194	2692.785	404.812
3	340	491.606	299.090	15	146	2893.985	537.363
4	330	679.955	350.464	16	93	3093.280	551.565
5	351	883.060	414.332	17	63	3278.198	609.579
6	294	1081.411	373.796	18	30	3491.713	457.617
7	255	1277.559	377.402	19	31	3699.748	582.226
8	249	1489.111	298.841	20	9	3890.082	979.444
9	251	1679.277	262.534	21			
10	207	1895.888	280.077	22			
11	240	2111.981	274.073	23			
12	203	2293.155	217.387	24			

Resultado do variograma de solos sem extremos do Setor Farias.

RESULTS							
Variable:	Ouro		Estimator :	Variogram		Direction :	135.000
Minimum :	9.000		Total Pairs :	7914		Tolerance :	45.000
Maximum :	720.000					BandWidth :	n/a
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	513	52.976	13	364	1249.841	7841.370	
2	462	147.711	14	315	1349.361	11133.220	
3	435	249.458	15	242	1445.969	6119.684	
4	480	351.677	16	231	1546.706	8710.831	
5	549	451.131	17	187	1647.213	8417.054	
6	592	551.449	18	156	1747.474	5629.715	
7	681	648.808	19	106	1846.917	3773.288	
8	567	748.953	20	66	1946.045	2779.409	
9	462	849.090	21	39	2040.847	4112.628	
10	477	950.994	22	28	2148.630	1078.679	
11	508	1048.333	23	17	2244.716	715.706	
12	422	1150.595	24	15	2355.907	89.333	

Resultado do variograma de solos com extremos do Setor Covico.

RESULTS							
Variable:	Ouro		Estimator :	Variogram		Direction :	135.000
Minimum :	9.000		Total Pairs :	5292		Tolerance :	20.000
Maximum :	99.000					BandWidth :	n/a
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	700	85.540	13	121	2121.623	536.566	
2	576	253.961	14	106	2294.865	530.533	
3	525	422.539	15	103	2468.045	398.107	
4	565	597.802	16	86	2627.146	330.535	
5	500	763.748	17	64	2805.329	368.664	
6	412	932.710	18	61	2976.414	605.533	
7	356	1099.997	19	58	3139.296	570.569	
8	260	1269.665	20	27	3298.072	580.667	
9	240	1440.696	21	15	3472.981	639.100	
10	196	1614.465	22	9	3659.466	648.222	
11	173	1777.627	23	2	3829.268	211.250	
12	137	1950.330	24				

Resultado do variograma de solos sem extremos do Setor Covico.

RESULTS							
Variable: Ouro				Direction: 110.000			
Minimum: .010		Estimator: Variogram		Tolerance: 25.000			
Maximum: 184.710		Total Pairs: 2204		BandWidth: n/a			
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	59	.904	1796.200	13	49	17.118	935.353
2	150	2.110	962.081	14	31	18.553	793.871
3	215	3.488	1294.831	15	21	19.913	975.870
4	229	4.823	972.305	16	17	21.172	1054.026
5	289	6.217	1121.185	17	8	22.572	12.776
6	286	7.530	1021.669	18	1	24.539	19.096
7	232	8.935	804.566	19	1	25.161	3.026
8	174	10.245	672.068	20	1	27.298	19.034
9	142	11.613	420.202	21			
10	118	13.033	814.303	22			
11	99	14.384	1086.984	23			
12	82	15.777	1098.606	24			

Resultado do variograma para sedimentos com extremos.

RESULTS							
Variable: Ouro				Direction: .000			
Minimum: .010		Estimator: Variogram		Tolerance: 90.000			
Maximum: 8.940		Total Pairs: 5995		BandWidth: n/a			
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	134	.923	4.963	13	146	17.429	2.604
2	338	2.130	5.684	14	73	18.856	4.304
3	508	3.522	6.852	15	42	20.229	3.423
4	616	4.914	6.434	16	23	21.655	5.044
5	684	6.312	5.773	17	12	22.728	7.978
6	699	7.676	5.802	18	3	24.606	7.374
7	652	9.076	5.257	19			
8	600	10.511	5.215	20	1	27.298	19.034
9	539	11.872	4.198	21			
10	406	13.248	3.688	22			
11	282	14.663	4.252	23			
12	237	16.021	3.129	24			

Resultado do variograma para sedimentos sem extremos.

RESULTS							
Variable: Ouro			Estimator : Variogram	Direction : 135.000			
Minimum : .020			Total Pairs : 926	Tolerance : 45.000			
Maximum : 184.710				BandWidth : n/a			
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	17	.516	464.534	13	43	9.300	674.279
2	42	1.145	1852.038	14	34	10.025	1164.167
3	78	1.880	793.874	15	32	10.724	1276.703
4	75	2.634	972.220	16	25	11.512	1534.771
5	72	3.331	1070.809	17	14	12.281	1746.632
6	87	4.088	1843.236	18	6	12.965	2138.762
7	89	4.864	1287.506	19			
8	82	5.573	1353.067	20			
9	59	6.300	1258.838	21			
10	62	6.991	745.612	22			
11	55	7.755	1010.018	23			
12	54	8.551	769.450	24			

Resultado do variograma para sedimentos com extremos do Setor Farias.

RESULTS							
Variable: Ouro			Estimator : Variogram	Direction : 10.000			
Minimum : .020			Total Pairs : 757	Tolerance : 75.000			
Maximum : 8.940				BandWidth : n/a			
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	1	.283	5.645	13	35	3.751	7.530
2	9	.392	12.337	14	36	4.042	9.095
3	15	.740	2.438	15	50	4.356	4.293
4	20	1.021	4.082	16	31	4.644	8.412
5	17	1.341	2.983	17	52	4.949	8.341
6	25	1.646	4.467	18	41	5.241	7.202
7	29	1.926	5.618	19	42	5.511	6.242
8	28	2.203	7.099	20	36	5.813	5.788
9	41	2.573	6.449	21	28	6.142	4.669
10	28	2.866	8.115	22	29	6.456	5.739
11	43	3.157	8.344	23	39	6.737	7.545
12	43	3.460	6.839	24	39	7.040	3.802

Resultado do variograma para sedimentos sem extremos do Setor Farias.

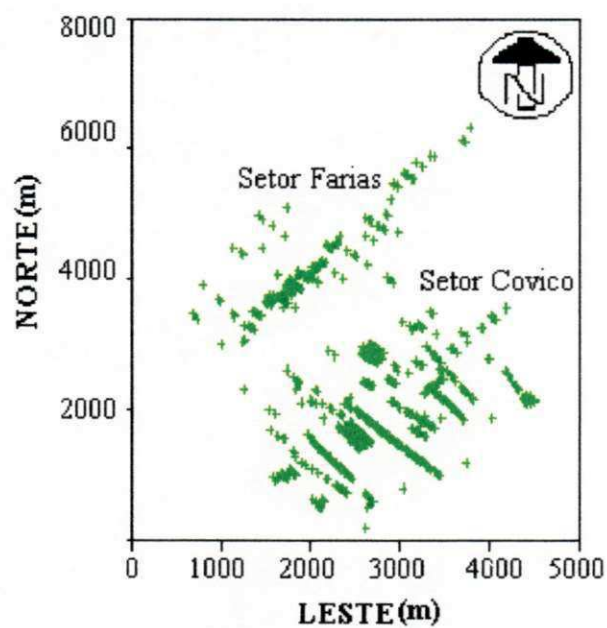
RESULTS							
Variable:	Ouro			Direction :	45.000		
Minimum :	.020	Estimator :	Variogram		Tolerance :	60.000	
Maximum :	183.520	Total Pairs :	542		BandWidth :	n/a	
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	4	.428	4033.207	13	25	6.263	1386.883
2	23	.756	1341.044	14	31	6.735	1319.495
3	29	1.272	1616.265	15	19	7.218	173.507
4	35	1.737	692.021	16	22	7.703	790.121
5	34	2.306	2087.933	17	15	8.195	168.595
6	26	2.759	795.180	18	20	8.691	838.620
7	37	3.260	98.430	19	18	9.190	169.983
8	28	3.775	1911.668	20	15	9.733	75.930
9	25	4.233	869.556	21	11	10.250	1516.633
10	29	4.753	1144.481	22	14	10.737	148.430
11	29	5.212	809.012	23	13	11.253	1382.952
12	24	5.776	154.619	24	16	11.746	1271.103

Resultado do variograma para sedimentos com extremos do Setor Covico.

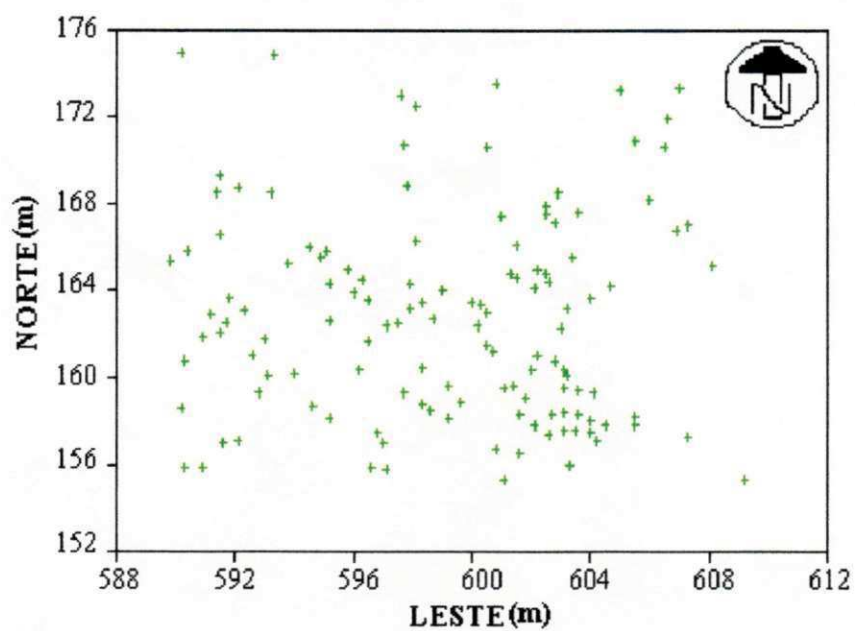
RESULTS							
Variable:	Ouro			Direction :	30.000		
Minimum :	.020	Estimator :	Variogram		Tolerance :	75.000	
Maximum :	7.600	Total Pairs :	483		BandWidth :	n/a	
Pairs	Avg Distance	Estimate	Pairs	Avg Distance	Estimate		
1	3	.433	3.977	13	23	6.246	5.645
2	19	.745	5.088	14	31	6.712	3.777
3	22	1.257	5.490	15	19	7.219	5.476
4	30	1.723	6.255	16	17	7.705	3.961
5	25	2.226	6.352	17	15	8.210	6.408
6	25	2.758	7.252	18	17	8.691	5.839
7	31	3.244	8.278	19	16	9.211	7.453
8	18	3.770	8.690	20	14	9.754	6.935
9	28	4.230	8.783	21	9	10.247	3.479
10	30	4.749	7.454	22	14	10.757	10.850
11	25	5.216	6.531	23	15	11.223	7.430
12	26	5.744	9.707	24	11	11.738	9.385

Resultado do variograma para sedimentos sem extremos do Setor Covico.

ANEXO D - Mapas das distribuições espaciais das amostras de solos e sedimentos auríferos.



Distribuições espaciais das amostras de solos.



Distribuições espaciais das amostras de sedimentos de corrente.