

4.

ESTIMAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS CLASSES DOS TEORES DE OURO

4.1. CONSTRUÇÃO DE ÍNDICES DE SÍNTESE PARA A INFORMAÇÃO AUXILIAR

Dado o elevado número de variáveis auxiliares amostradas na área de trabalho, e a sua diferente natureza (quantitativa e qualitativa), proceder-se-á também à verificação da plausibilidade de as sintetizar através de procedimentos metodológicos da análise de dados, com vista à sua inclusão nos procedimentos de estimação e simulação.

4.1.1. CODIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO QUANTITATIVA

A natureza diversa da informação auxiliar origina níveis de descrição distintos para representar a informação concreta e difusa. Esta situação, associada ao elevado número de variáveis, indicia a necessidade de viabilizar a respectiva utilização através de índices de síntese, que resumam as variáveis auxiliares, mas mantenham o mesmo grau de correlação com a variável principal (Luís *et al*, 2000).

Para obter imagens de síntese da totalidade do sistema de relações entre todas as

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.1. Construção de índices de síntese para a informação auxiliar

variáveis, quantitativas e/ou qualitativas, utiliza-se a metodologia da AFC, o que implica a categorização da informação quantitativa em modalidades. Para permitir projectar os teores de Au em suplementar, procedeu-se à sua classificação em três classes (correspondentes aos teores baixos, médios e altos – Au1, Au2 e Au3), de modo a que a representatividade das classes em cada conjunto amostral seja o mais semelhante possível, embora a maior importância tenha sido dada às classes do conjunto de amostragem total. Foi atendendo a estes constrangimentos, que foram encontrados os limites de cada classe dos teores de Au e respectivas quantificações, representados na Tabela 4.1.

Tab. 4.1 – Quantificação e limites das classes dos teores de Au presentes nos troços com 1 m de comprimento, da amostragem total

		Estatísticos das classes de amostragem					
		Carotada		Destrutiva		Carotada + destrutiva	
		Limites do teor	n ^o	%	n ^o	%	n ^o
Au1	[0,01; 0,09]	944	0,44	412	0,23	1356	0,35
Au2]0,09; 0,57]	652	0,31	652	0,36	1309	0,33
Au3]0,57; 43,0]	542	0,25	737	0,41	1279	0,32
		Σ=2138	+	Σ=1806	=	Σ=3944	

Quanto à classificação dos teores de Ag, entendeu-se que a melhor opção deve ser a que optimize a construção da variável auxiliar de síntese que melhor se correlacione com a variável principal, o que motivará a experimentação de classificações em 2, 3, 4 e 5 classes, com base nos critérios referidos para a classificação dos teores de Au.

4.1.2. ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE AS CLASSES E CONSTRUÇÃO DE ÍNDICES DE SÍNTESE

A AFC permite sintetizar a informação relativa aos indivíduos e propriedades características de um determinado processo, num espaço com um reduzido número de eixos, onde a coordenada de cada indivíduo em cada eixo representa a condensação da informação das propriedades, num grau de explicação proporcional à inércia transportada pelo eixo (PEREIRA *et al.*, 1988). Utilizando esta potencialidade, que é característica da AFC (princípio baricêntrico), foram tomados como índices de síntese os valores das coordenadas das amostras em cada eixo principal dos espaços definidos pelas classes dos conjuntos de

variáveis (litologias e Ag) e (litologias e cores), presentes, respectivamente, na amostragem das sondagens realizadas em carotado e em destrutivo.

No caso presente, atendendo à dupla proveniência das amostras e à existência de variáveis observadas apenas numa, entendeu-se que a melhor abordagem será a de efectuar análises em separado para os seguintes casos:

1. *Amostras pertencentes às sondagens carotadas (2138):*

- i. Contribuição das classes de todas as variáveis auxiliares (Ag e litologias) para a construção dos eixos de inércia;
- ii. Com o objectivo de permitir a comparação entre as variáveis provenientes da amostragem carotada e destrutiva, é efectuado um estudo onde apenas as classes da variável comum aos dois tipos de sondagens (litologia) contribuíram para a construção dos eixos de inércia.

2. *Amostras pertencentes às sondagens destrutivas (1806):*

- iii. Contribuição das classes de todas as variáveis auxiliares (cor e litologias) para a construção dos eixos de inércia;
- iv. Contribuição apenas das classes da variável litologia para a construção dos eixos de inércia, tal como em ii..

3. *Amostras do conjunto total (2138 + 1806 = 3944):*

- v. Contribuição das classes da variável litologia, únicas presentes na totalidade da amostragem, para a construção dos eixos de inércia, tal como em ii e iv.

A aplicação da AFC projecta a informação num espaço de dimensão ($p-1$), em que p é o número de classes codificadas. No entanto, a complexidade de interpretação de um espaço de ordem maior que três e o facto de os eixos factoriais de ordem superior transportarem pouca informação justificaram a retenção da informação relativa apenas aos três eixos principais. As conclusões a retirar das análises dos resultados, produzidos pela utilização do sistema ANDAD (SOUSA *et al.*, 1989), resumem-se do seguinte modo:

- Sondagens carotadas - a procura exhaustiva dos índices de síntese, mais representativos da informação secundária presente neste conjunto amostral, levou ao ensaio e verificação dos benefícios introduzidos pela classificação dos teores de Ag em 2, 3, 4 e 5

classes. Na Tabela 4.2, estão representadas as percentagens de explicação dos principais eixos de inércia construídos pela AFC, com a utilização das diferentes classificações dos teores de Ag e classes litológicas. Verifica-se aí, que a classificação dos teores de Ag em duas categorias obtém, simultaneamente, os índices de síntese melhor correlacionados com os teores de Au, e, como seria de esperar, a maior percentagem de explicação dos três eixos principais. Com base nesta classificação dos teores de Ag, pode verificar-se, na Figura 4.1, que os planos definidos pelos eixos factoriais (1, 2) e (1, 3) permitem observar um andamento semelhante para os teores de Au (projectados em suplementar) e Ag e alguma similitude entre os teores mais baixos e mais altos destas variáveis, respectivamente com os Xt e Gc e com os Gr e Gs;

- Sondagens destrutivas - para este conjunto verifica-se na Figura 4.2 uma grande proximidade entre as cores Am, Be e Ca e uma boa relação destas com os teores mais elevados de Au (projectados em suplementar), que, à semelhança das sondagens carotadas, estão também próximos das litologias Gr e Gs.
- Amostragem total - também neste conjunto, as litologias Gr e Gs se encontram bastante próximas dos teores mais elevados de Au (projectados em suplementar), como pode ser observado na Figura 4.3.

Verificou-se ainda, para os casos ii. e iv., um comportamento bastante próximo, traduzido pela aproximação entre as classes litológicas Gr e Gs e os teores mais elevados de Au, e entre as classes Gc e Xt com os mais baixos. Destas análises podem reter-se as possíveis associações entre as litologias Gr e Gs (GrGs) e Gc e Xt (GcXt). A realização desta associação, para a amostragem carotada, pode ser vista na Figura 4.4, onde se constata também alguma relação entre os teores mais elevados de Au e Ag.

Já no caso da amostragem destrutiva, estas relações de proximidade existem também entre os teores (projectados em suplementar) de Au mais baixos e as cores Ve, Pr, Cz, Cr, e os mais elevados e as cores Am, Be, Ca, o que conduziu à respectiva associação (VePrCzCr) e (AmBeCa) representada na Figura 4.5. Na Figura 4.6, podem ainda observar-se as similitudes verificadas entre as associações litológicas referidas e as classes dos teores de Au (projectados em suplementar) para o conjunto de amostragem total. A realização destas associações permitiu encontrar novas percentagens de explicação para os

eixos de inércia das AFC nelas baseados, e novas correlações com os teores de Au. Assim, na amostragem carotada, a comparação entre as Tabelas 4.2 e 4.3 permite verificar que são os índices de síntese, obtidos nos espaços definidos pelas associações litológicas GrGs, GcXt com as várias classificações dos teores de Ag, e em particular com a classificação em duas classes, que conseguem as melhores explicações e correlações mais fortes com os teores de Au.

Após várias tentativas, a análise dos eixos de inércia dos espaços construídos com as possíveis combinações das variáveis auxiliares presentes na amostragem carotada mostrou claramente os índices de síntese correspondentes às coordenadas dos três eixos construídos pela AFC, no espaço definido pelas classes GrGs, GcXt, Ag1 e Ag2, como melhores representantes desta informação, uma vez que conseguem uma explicação de 100 % da informação auxiliar e melhores correlações com os teores de Au, o que motivou a sua escolha para significar este conjunto amostral (estes três eixos que representam a síntese da informação auxiliar presente nas sondagens carotadas passam a ser simbolizados por [F1, F2, F3]_(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2).

Tab. 4.2 – Percentagens de explicação dos eixos principais de inércia construídos com as classes Gr, Gs, Gc, Xt, [Ag1, Ag2], [Ag1, Ag2, Ag3], [Ag1, Ag2, Ag3, Ag4] e [Ag1, Ag2, Ag3, Ag4, Ag5], e respectivas correlações com os teores de Au

Coord. do eixo de inércia F ² (obtido através das variáveis)	Inércia do eixo (%)	Coef. de correlação com o Au
F1 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1 e Ag2)	31,46	- 0,34
F2 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1 e Ag2)	24,58	- 0,12
F3 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1 e Ag2)	23,22	0,12
Σ da inércia dos eixos	79,26	
F1 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2 e Ag3)	22,48	0,07
F2 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2 e Ag3)	20,65	0,22
F3 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2 e Ag3)	20,21	0,07
Σ da inércia dos eixos	63,34	
F1 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2, Ag3 e Ag4)	18,75	0,07
F2 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2, Ag3 e Ag4)	17,98	0,01
F3 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2, Ag3 e Ag4)	17,18	0,27
Σ da inércia dos eixos	53,91	
F1 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2, Ag3, Ag4 e Ag5)	17,25	0,08
F2 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2, Ag3, Ag4 e Ag5)	15,53	- 0,08
F3 _(Gr, Gs, Gc, Xt, Ag1, Ag2, Ag3, Ag4 e Ag5)	14,73	0,19
Σ da inércia dos eixos	47,51	

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.1. Construção de índices de síntese para a informação auxiliar

Tab. 4.3 – Percentagens de explicação dos eixos principais de inércia construídos com as associações litológicas GrGs, GcXt, classes [Ag1, Ag2], [Ag1, Ag2, Ag3], [Ag1, Ag2, Ag3, Ag4] e [Ag1, Ag2, Ag3, Ag4, Ag5], e respectivas correlações com a os teores de Au

Coord. do eixo de inércia F? (obtido através das variáveis)	Inércia do eixo (%)	Coef. de correlação com o Au (%)
F1 _(GcXt, GrGs, Ag1 e Ag2)	51,14	-0,25
F2 _(GcXt, GrGs, Ag1 e Ag2)	29,11	-0,43
F3 _(GcXt, GrGs, Ag1 e Ag2)	19,75	0,33
Σ da inércia dos eixos	100,00	
F1 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2 e Ag3)	34,62	0,30
F2 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2 e Ag3)	34,09	0,10
F3 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2 e Ag3)	31,26	0,01
Σ da inércia dos eixos	99,97	
F1 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2, Ag3 e Ag4)	26,08	-0,22
F2 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2, Ag3 e Ag4)	25,42	0,18
F3 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2, Ag3 e Ag4)	25,41	0,02
Σ da inércia dos eixos	76,91	
F1 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2, Ag3, Ag4 e Ag5)	22,99	-0,09
F2 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2, Ag3, Ag4 e Ag5)	19,96	0,27
F3 _(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2, Ag3, Ag4 e Ag5)	19,81	0,04
Σ da inércia dos eixos	62,76	

Quanto às associações das cores e litologias presentes na amostragem destrutiva, permitiram também melhorar os valores de explicação e correlação com os teores de Au, como pode ser observado na Tabela 4.4 (ainda que, neste caso, as correlações sejam bastante fracas). Isto conduziu à escolha dos índices assim conseguidos ([F1, F2, F3]_(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr)) para representar este conjunto amostral.

Tab. 4.4 – Percentagens de explicação dos eixos principais de inércia construídos com as classes Gr, Gs, Gc, Xt, Am, Be, Ca, Ve, Pr, Cz, Cr e associações GrGs, GcXt, AmBeCa e VePrCzCr, e respectivas correlações com os teores de Au

Coord. do eixo de inércia F? (obtido através das variáveis):	Inércia do eixo (%)	Coef. de correlação com o Au
F1 _(Gc, Gr, Gs, Xt, Am, Be, Ca, Ve, Pr, Cz, Cr)	51,47	0,08
F2 _(Gc, Gr, Gs, Xt, Am, Be, Ca, Ve, Pr, Cz, Cr)	18,60	0,01
F3 _(Gc, Gr, Gs, Xt, Am, Be, Ca, Ve, Pr, Cz, Cr)	2,16	0,01
Σ da inércia dos eixos	72,23	
F1 _(GcXt, GrGs, AmBeCa, VePrCzCr)	70,21	0,11
F2 _(GcXt, GrGs, AmBeCa, VePrCzCr)	26,57	0,01
F3 _(GcXt, GrGs, AmBeCa, VePrCzCr)	3,22	0,02
Σ da inércia dos eixos	100,00	

4. Estimación e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.1. Construção de índices de síntese para a informação auxiliar

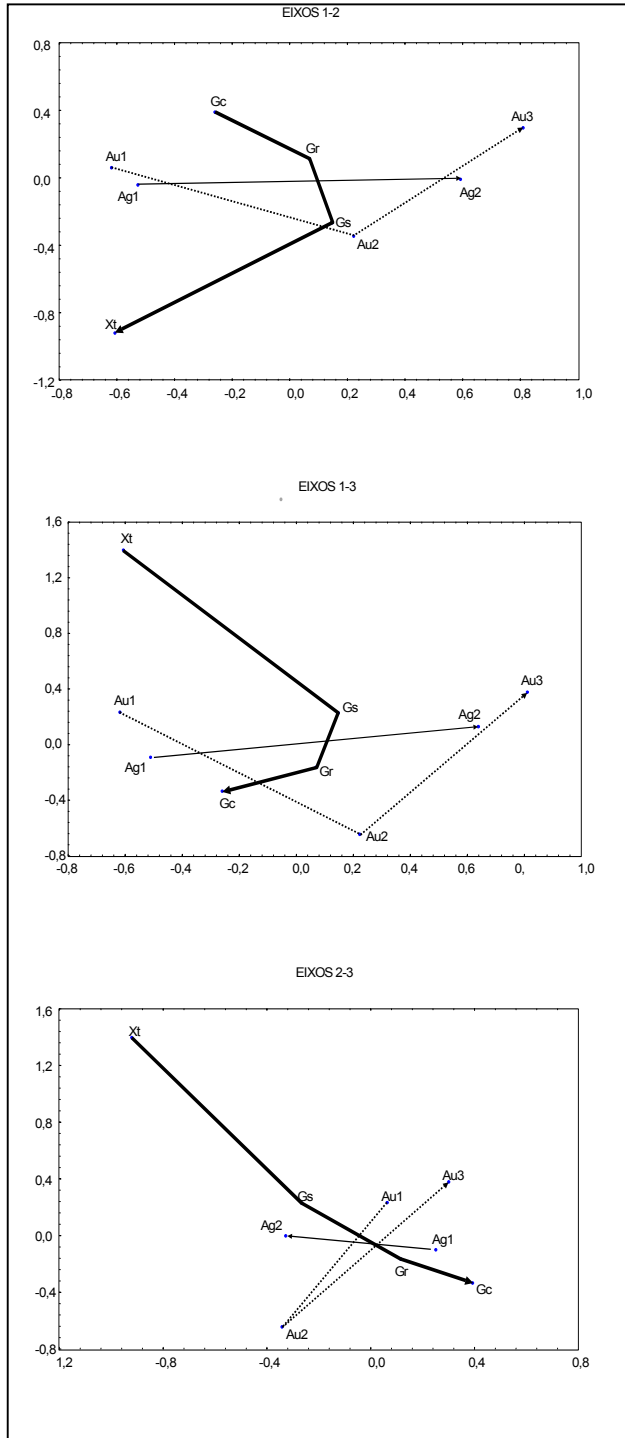


Fig. 4.1 – Projeções das classes Ag1, Ag2, Gr, Gs, Gc e Xt presentes nos troços da amostragem carotada, nos planos definidos pelos eixos (1, 2), (1, 3) e (2, 3), com as classes Au1, Au2, Au3 projectadas em suplementar.

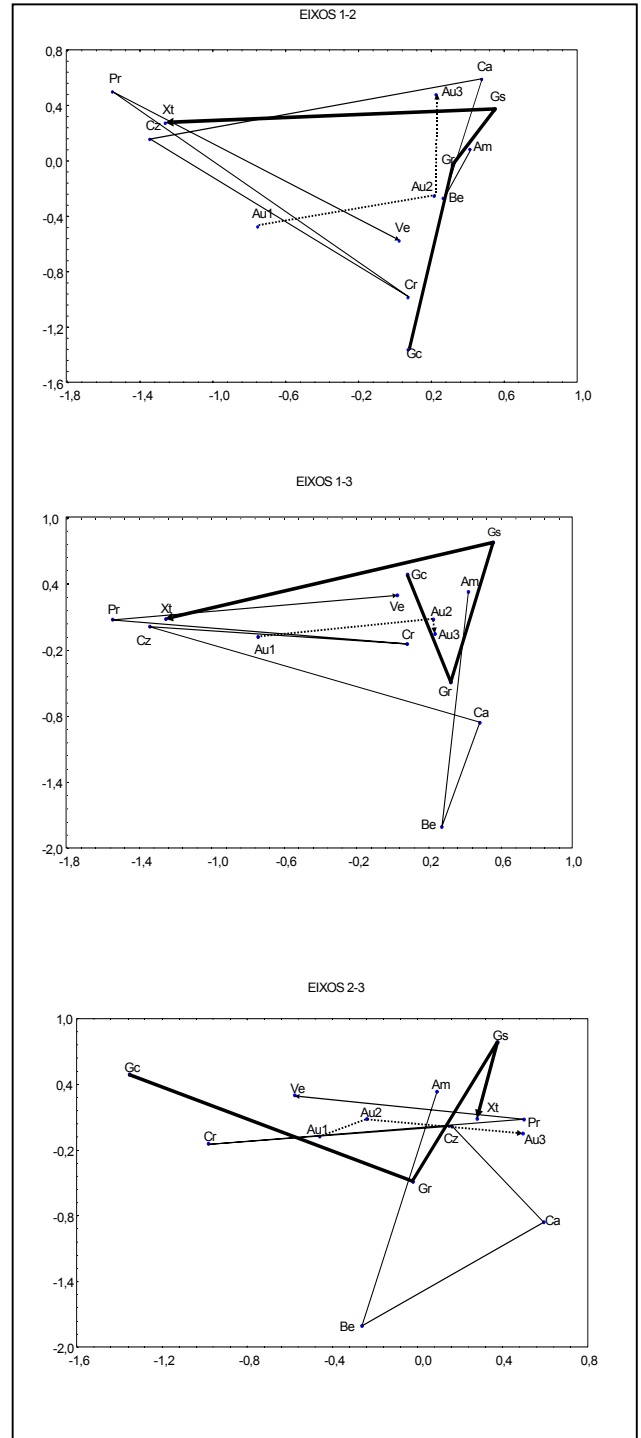


Fig. 4.2 – Projeções das classes Gr, Gs, Gc, Xt, Am, Be, Ca, Ve, Pr, Cz e Cr presentes nos troços da amostragem destrutiva, nos planos definidos pelos eixos (1, 2), (1, 3) e (2, 3), com as classes Au1, Au2, Au3 projectadas em suplementar.

4. Estimación e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.1. Construção de índices de síntese para a informação auxiliar

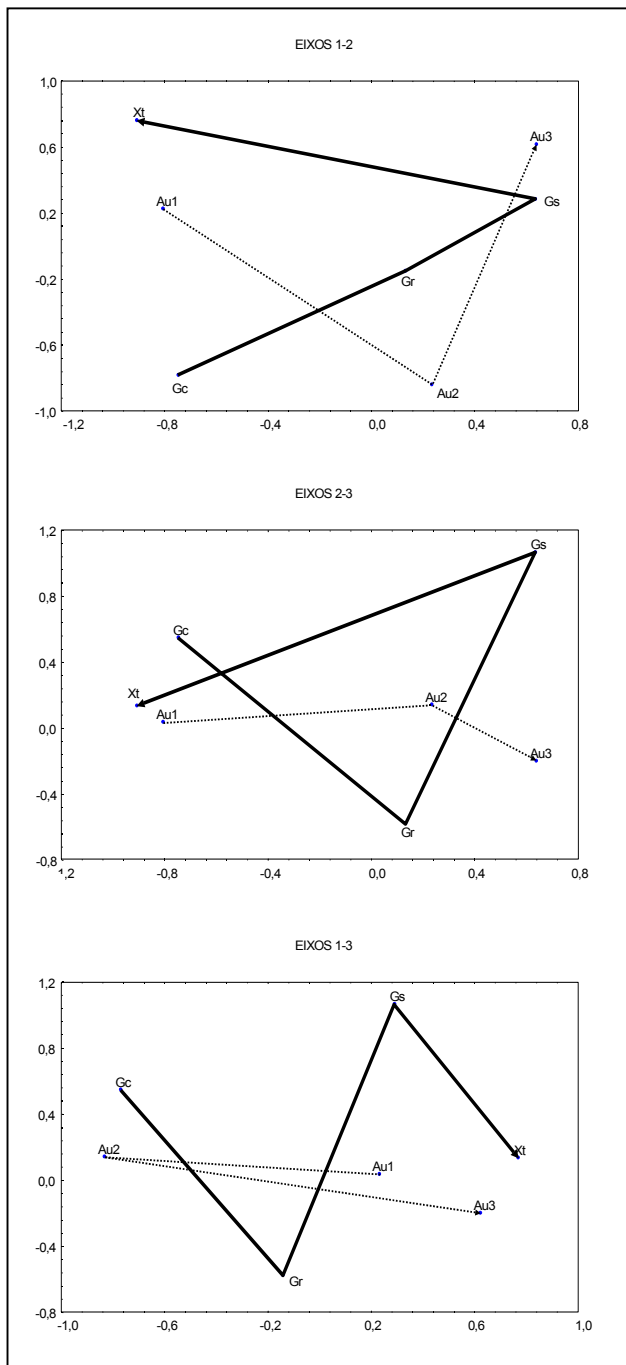


Fig. 4.3 – Projecções das classes Gr, Gs, Gc e Xt presentes nos troços da amostragem total, nos planos definidos pelos eixos (1, 2), (1, 3) e (2, 3), com as classes Au1, Au2, Au3 projectadas em suplementar.

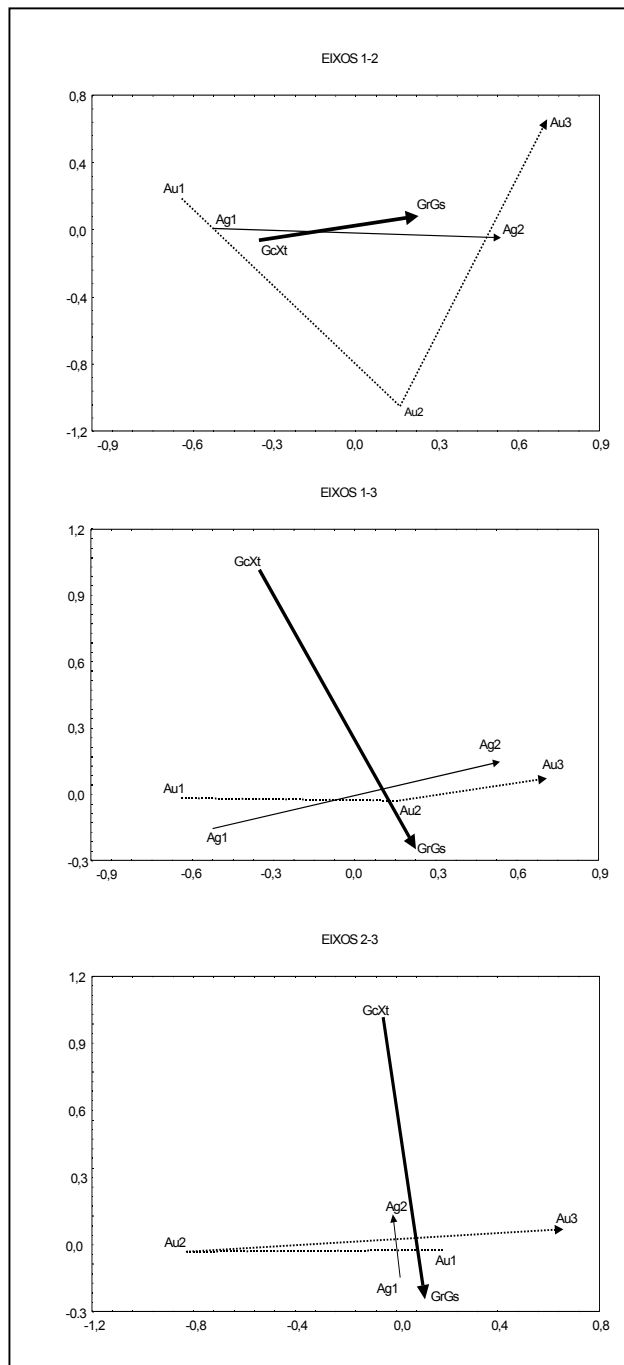


Fig. 4.4 – Projecções das classes GrGs e GcXt presentes nos troços da amostragem carotada, nos planos definidos pelos eixos (1, 2), (1, 3) e (2, 3), com as classes Au1, Au2, Au3 projectadas em suplementar.

4. Estimación e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.1. Construção de índices de síntese para a informação auxiliar

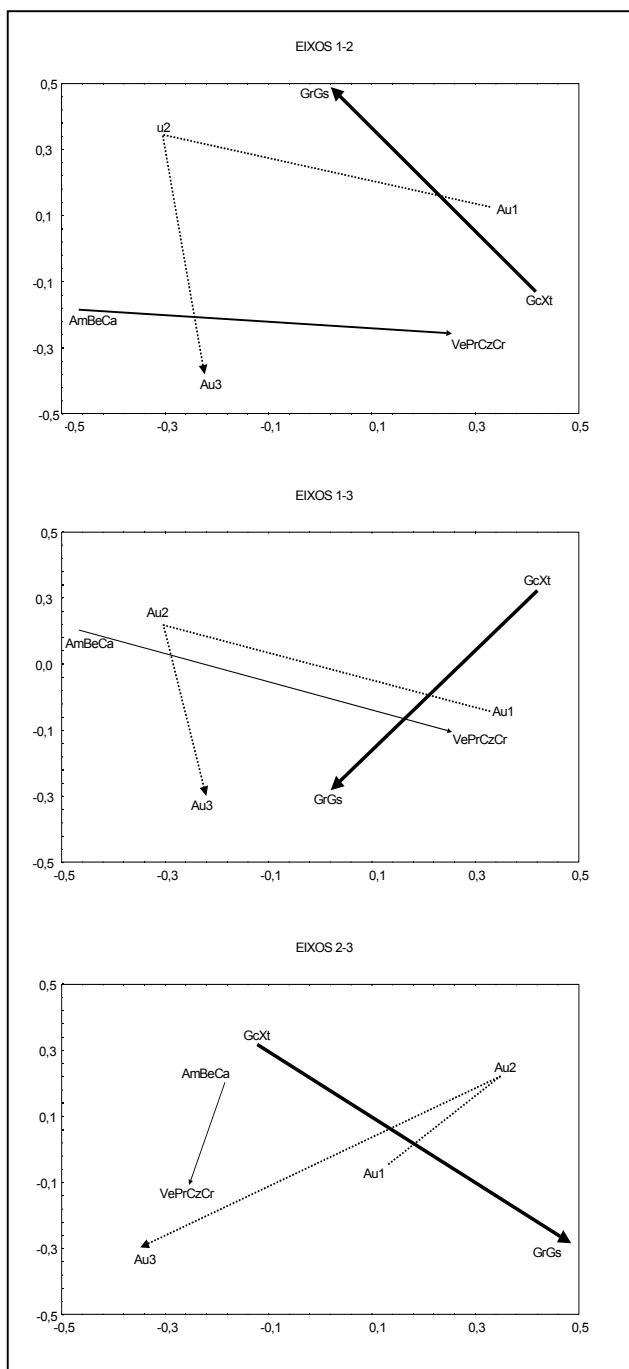


Fig. 4.5 – Projecções das classes AmBeCa, VePrCzCr, GrGs e GcXt presentes nos troços da amostragem destrutiva, nos planos definidos pelos eixos (1, 2), (1, 3) e (2, 3), com as classes Au1, Au2, Au3 projectadas em suplementar.

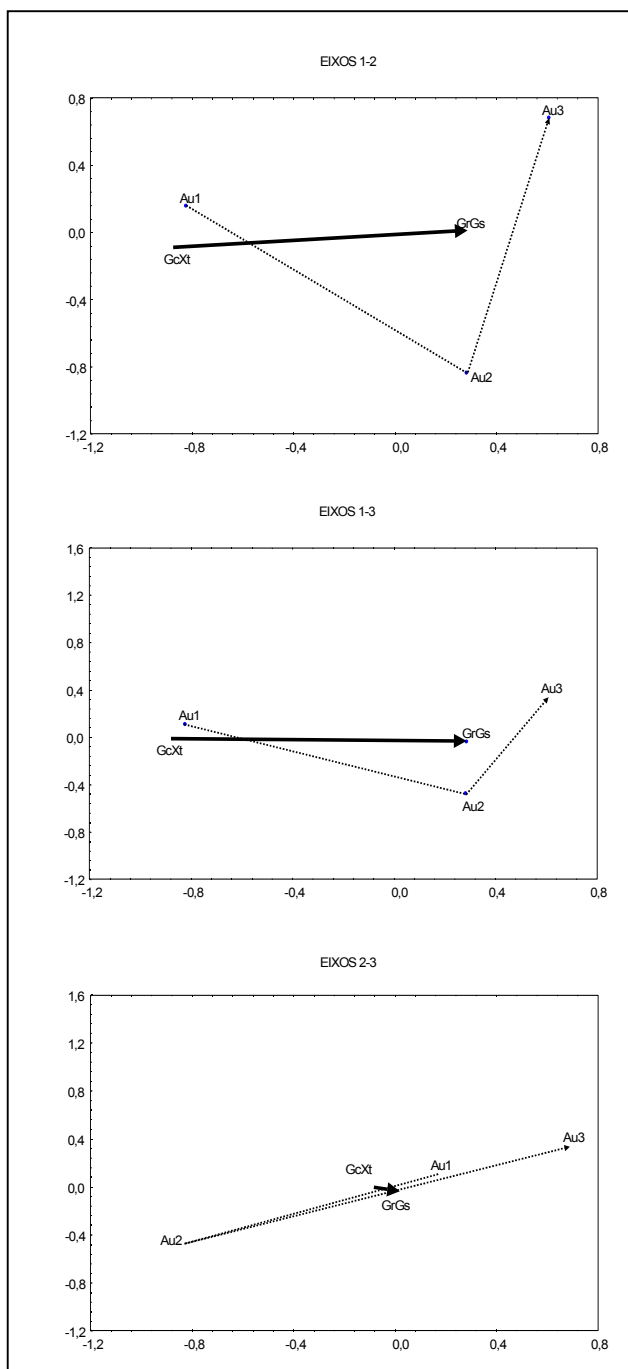


Fig. 4.6 – Projecções das classes GrGs e GcXt presentes nos troços da amostragem total, nos planos definidos pelos eixos (1, 2), (1, 3) e (2, 3), com as classes Au1, Au2, Au3 projectadas em suplementar.

4.2. ESTIMACÃO DAS CLASSES DO TEOR EM OURO

A caracterizaco morfológica,  fundamental para localizar e contabilizar a probabilidade de ocorrência da VR nos suportes definidores do respectivo corpo (o que possui particular importância quando a mineralizaco não  visível), podendo condicionar todo o processo de estimacão e projecto de lavra. A sua realizaco pode ser efectuada apenas com base em modelos de interpretao geológica, e/ou com a ajuda de modelos estocásticos, de que os processos geoestatísticos são ótimo exemplo (JOURNEL *et al.*, 1984) e (SOARES, 1989).

A metodologia geoestatística de estimacão morfológica, visa atribuir a cada suporte de estimacão, uma probabilidade de pertenca a uma determinada característica. Esta probabilidade estimada depende das amostras experimentais vizinhas e do modelo de continuidade espacial ajustado, sendo a forma dada pelo conjunto de suportes estimados possuidores das maiores probabilidades de pertenca ao corpo. Assim,  a presuno de que uma maior precisão da forma das zonas com mineralizaces mais pobres ou mais ricas possa contribuir para melhorar a estimacão dos teores de Au, que conduz  utilizaco de informao suplementar em processos de CKO, CKO_DE e KDE, para estimar as classes dos teores de Au. Para aquilatar as vantagens advindas destas utilizaes, os valores dos testes obtidos por estes processos serão cotejados entre si e com os obtidos com a estimacão por KO.

Para utilizar a CKO,  necessário efectuar análises variográficas multivariadas, que podem envolver apenas as VR amostradas nos mesmos pontos ou amostradas em pontos diferentes. No entanto, a amostragem em pontos diferentes, acarreta consigo instabilidade no sistema de krigagem (impossibilitando, por exemplo, a estimacão pelo TPF da VR em todos os pontos amostrados), morosidade e bastante trabalho para calcular os variogramas cruzados [$\gamma_{ij}(h)$]. Assim, a forma mais prática de abordar esta questão, passa pela utilizaco de pontos amostrais onde estejam presentes todas as VR em estudo.

O facto de, neste estudo, apenas as litologias, os teores de Au e as respectivas classes estarem presentes em toda a amostragem, levanta dvidas, *a priori*, sobre qual dos seguintes quatro processos de estimacão produzir os melhores resultados:

-
- i) s amostragem carotada - utilizar apenas a informaco das classes dos teores de Au presentes neste conjunto amostral, conjuntamente, com as únicas variáveis auxiliares a amostradas: classes de Ag e associao das litologias; ou os índices de síntese $[F1, F2, F3]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}$;
- ii) s amostragem destrutiva - utilizar apenas a informaco das classes dos teores de Au presentes nesta amostragem e também as únicas variáveis auxiliares presentes neste conjunto amostral: as associao da cor e da litologia; ou os índices de síntese $[F1, F2, F3]_{(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr)}$.
- iii) amostragem carotada + destrutiva - utilizar toda a informaco das classes dos teores de Au, e como variáveis auxiliares apenas as associao das litologias, as únicas existentes na totalidade da amostragem;
- iv) amostragem carotada + destrutiva - “estender” por estimacão, as classes dos teores de Ag, das associao da cor e os índices de síntese $[F1, F2, F3]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}$ e $[F1, F2, F3]_{(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr)}$  totalidade da amostragem e utiliz-las em conjunto com as classes dos teores de Au (exclui-se, no entanto, a realizaco de estudos de correionalizaco das classes dos teores de Ag e cor, pelo facto de não existir amostragem simultaneamente).

No caso da utilizaco de métodos de estimacão com deriva externa, o “estender” da informaco auxiliar a todos os locais  colocado de uma forma mais abrangente, uma vez que necessita de “a conhecer”, quer nos pontos amostrados quer em todos os suportes de estimacão em que o jazigo foi subdividido. Para evitar possíveis situao do tipo de “pescadinha de rabo na boca” (utilizaco sobreposta da informaco auxiliar), este “estender” da informaco auxiliar  efectuado pelo processo de estimacão pontual por KO, através do módulo KRIG3D do sistema RESMIN, com utilizaco dos parâmetros fornecidos pela variografia realizada nas análises estruturais representadas nas Figuras 4.7 a 4.17, onde se pode verificar que os elipsóides estão alinhados de forma idêntica entre si, e com os encontrados para os teores de Au. Quanto aos modelos teóricos ajustados, são todos do tipo esférico, com duas estruturas, efeitos de pepita médios e com amplitudes dentro da mesma gama de valores.

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimação das classes dos teores em ouro

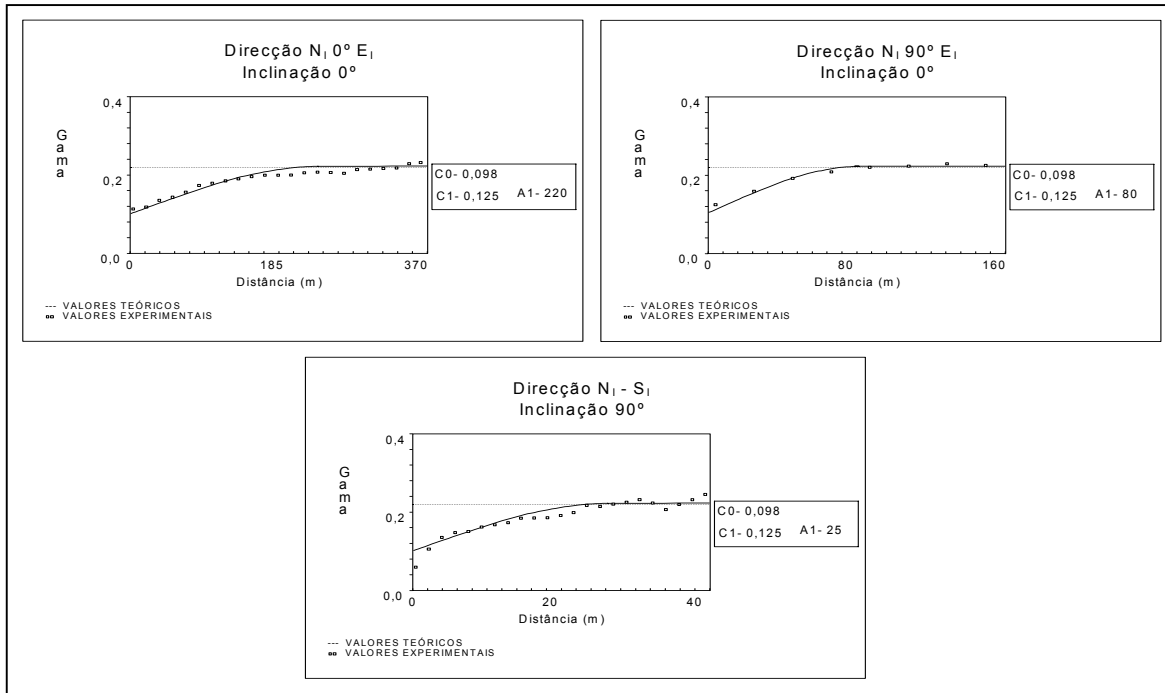


Fig. 4.7 – Variogramas de indicatriz da classe Au1 presente nos 3944 troços da amostragem total.

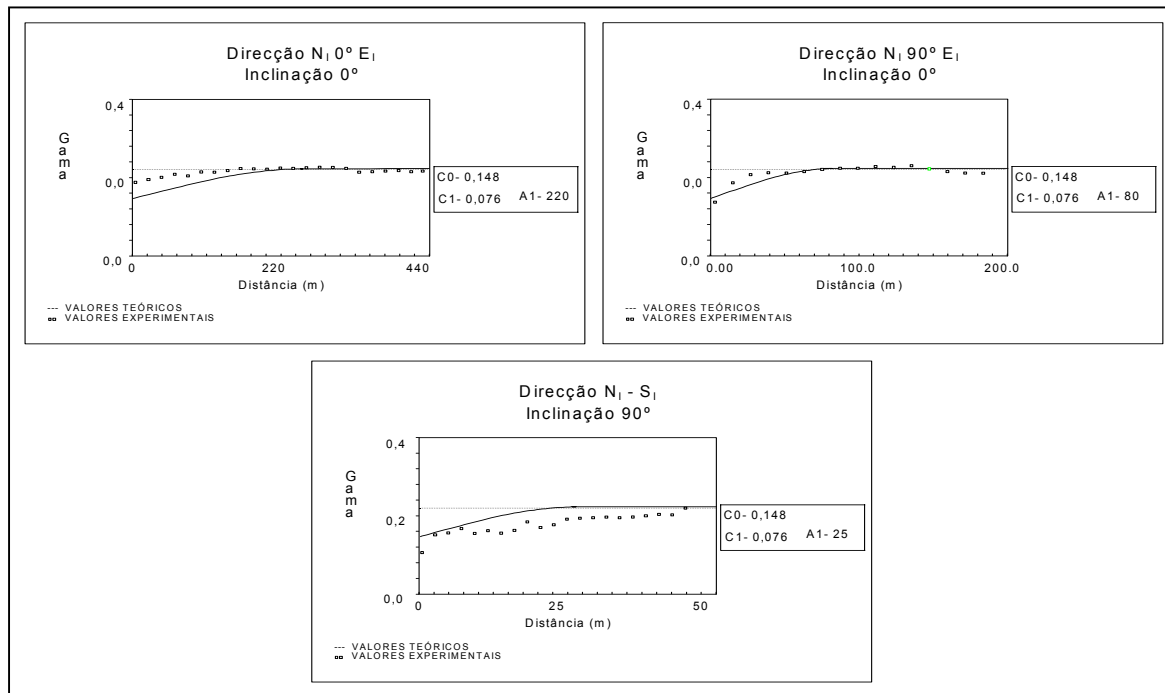


Fig. 4.8 – Variogramas de indicatriz da classe Au3 presente nos 3944 troços da amostragem total.

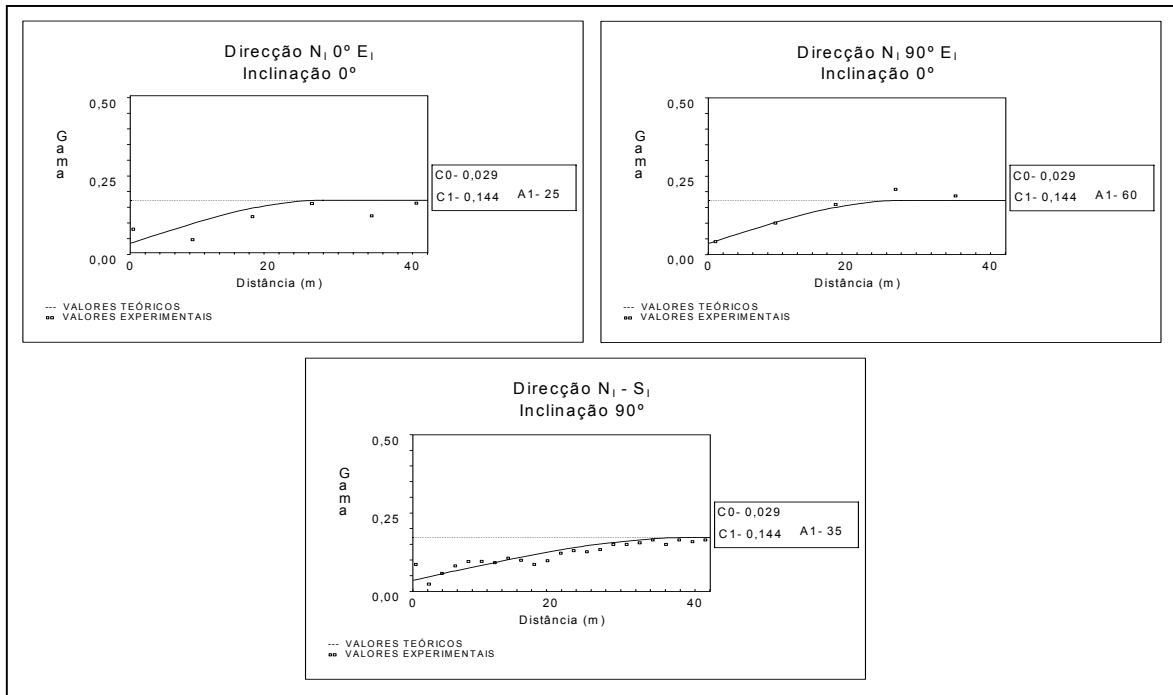


Fig. 4.9 – Variogramas de indicatriz da associação litológica GrGs presente nos 3944 troços da amostragem total.

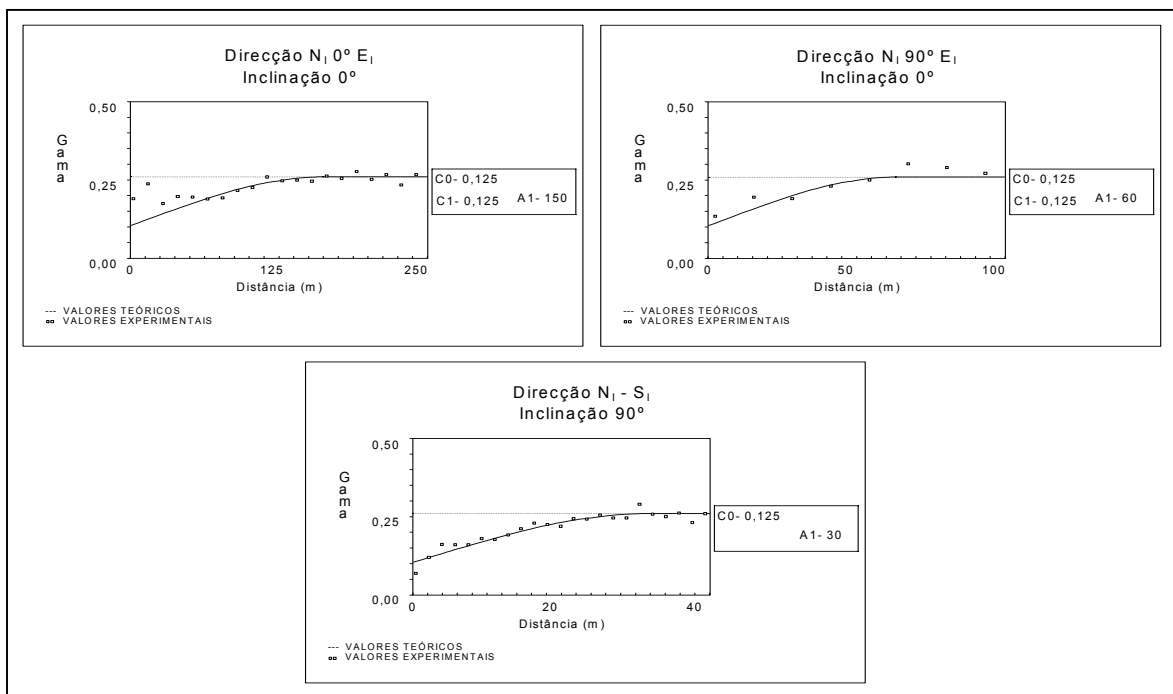


Fig. 4.10 – Variogramas de indicatriz da classe Ag1 resultante da classificação da Ag em duas classes presente nos 2138 troços regularizados da amostragem carotada.

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimação das classes dos teores em ouro

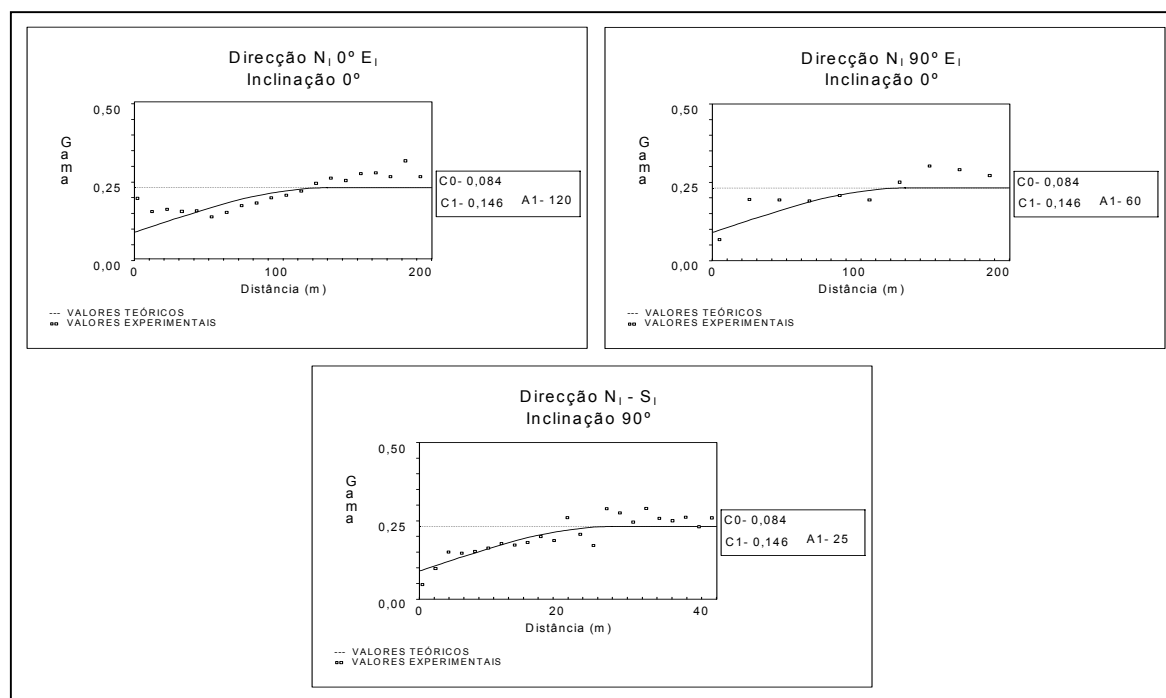


Fig. 4.11 – Variogramas de indicatriz da associação de cores AmBeCa presente nos 1806 troços da amostragem destrutiva.

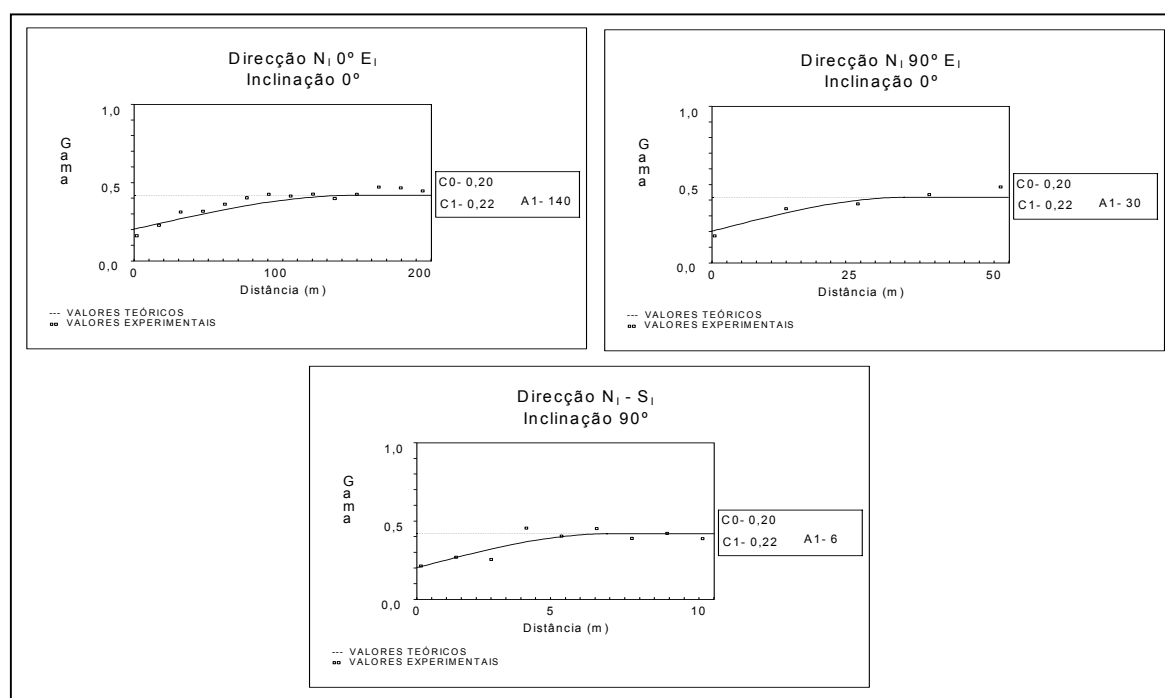


Fig. 4.12 – Variogramas do índice de síntese $F1_{(GrGs, GcXi, AmBeCa, VcPrCzCr)}$ presente nos 1806 troços da amostragem destrutiva.

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimação das classes dos teores em ouro

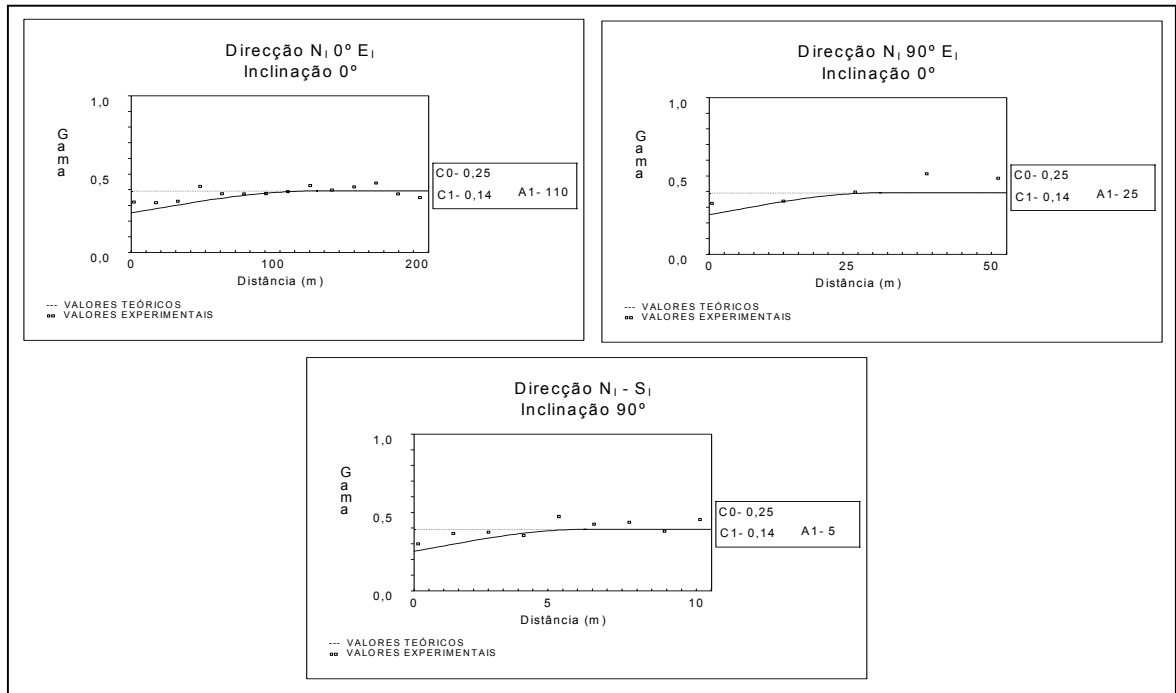


Fig. 4.13 – Variogramas do índice de síntese $F2_{(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)}$ presente nos 1806 troços da amostragem destrutiva.

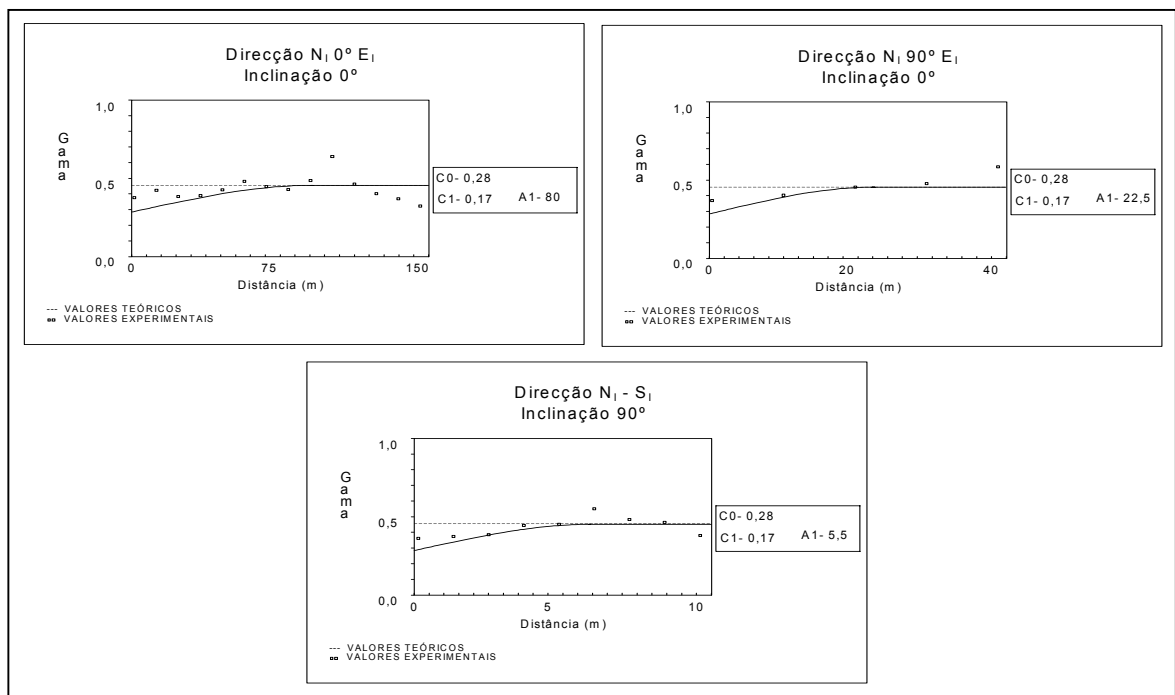


Fig. 4.14 – Variogramas do índice de síntese $F3_{(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)}$ presente nos 1806 troços da amostragem destrutiva.

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimação das classes dos teores em ouro

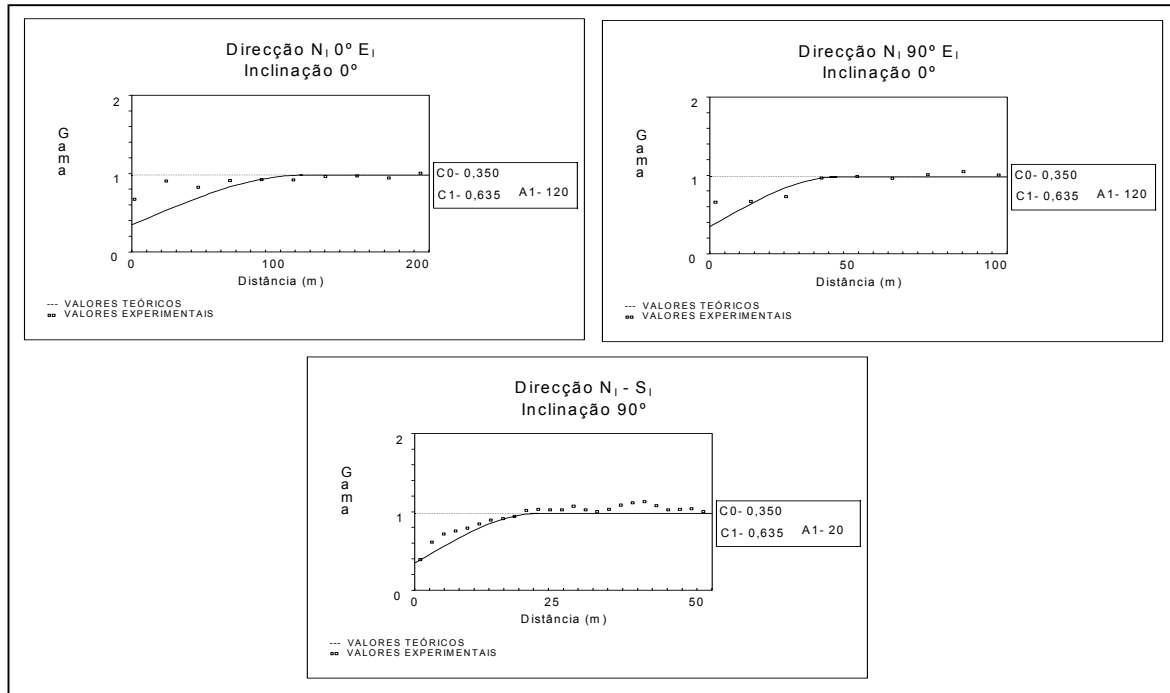


Fig. 4.15 – Variogramas do índice de síntese $F1_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}$ presente nos 2138 troços da amostragem carotada.

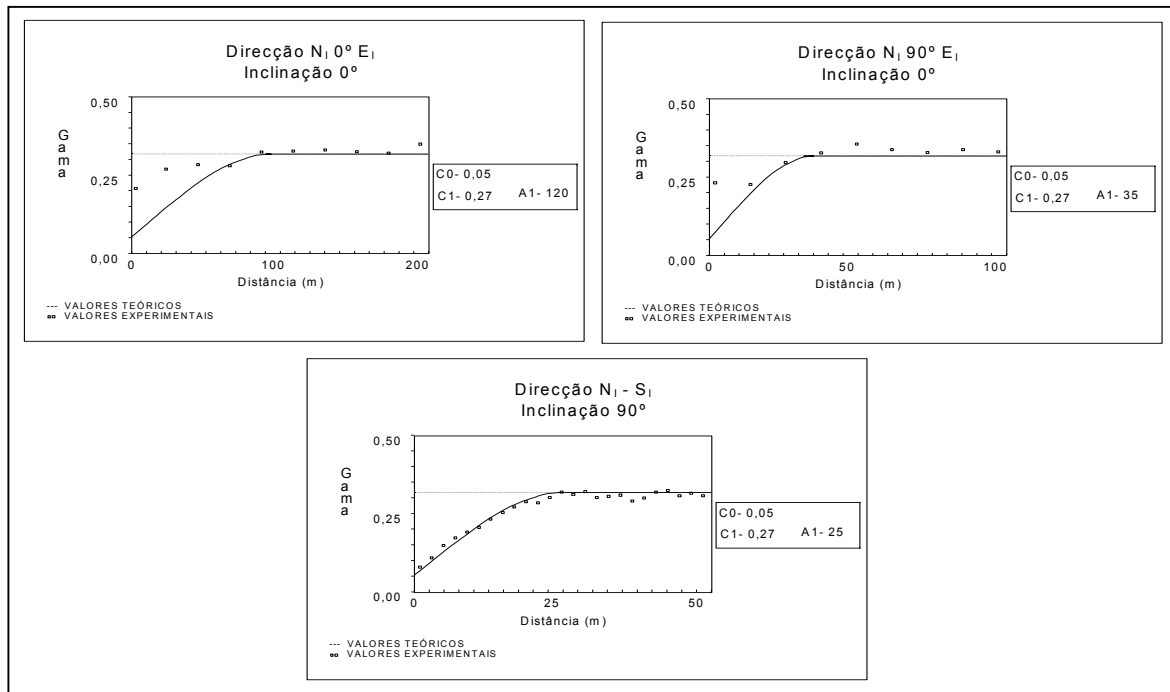


Fig. 4.16 – Variogramas do índice de síntese $F2_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}$ presente nos 2138 troços da amostragem carotada.

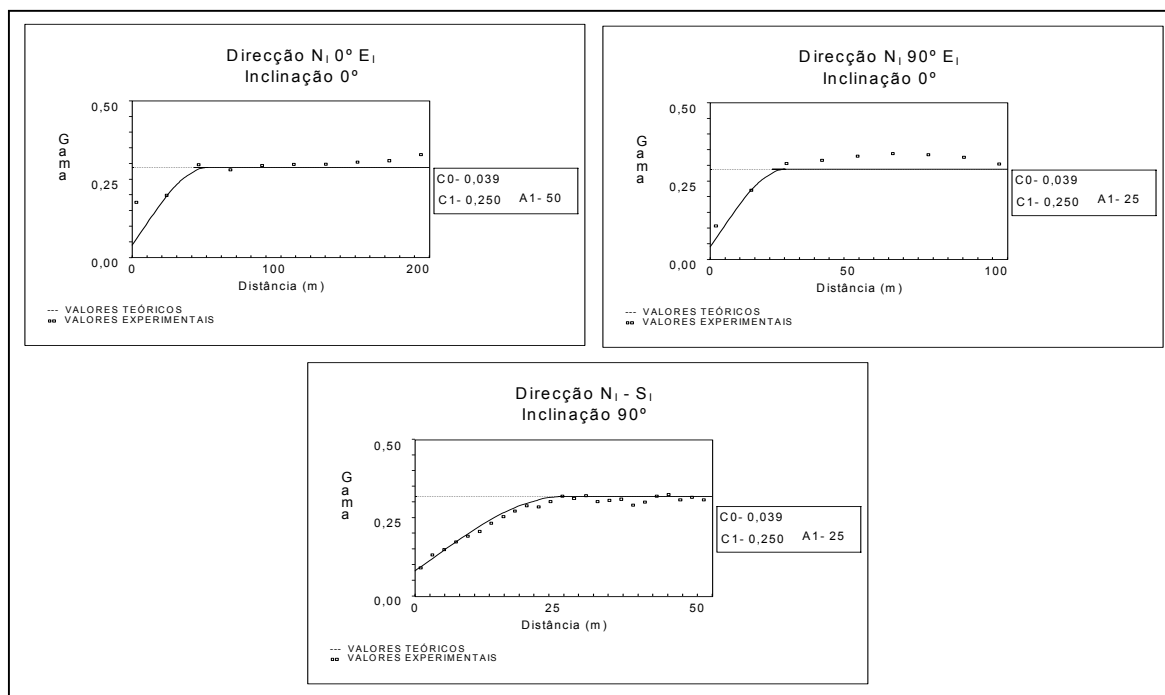


Fig. 4.17 – Variogramas do índice de síntese $F3_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}$ presente nos 2138 troços da amostragem carotada.

O resultado da estimação da informação auxiliar passará a ser referenciada por um * e um número, que representa o número total de pontos onde foi estimada. Estes números são 1806 ou 2138, caso reportem respectivamente aos pontos coincidentes com a amostragem destrutiva ou carotada, e por 20 487 caso seja referente aos pontos coincidentes com o centro dos suportes de estimação discretizadores do jazigo. Nas Tabelas 4.5 a 4.9 estão representados os principais estatísticos das estimações realizadas.

Tab. 4.5 – Principais estatísticos dos teores de Ag e respectivas classes amostrais e estimados nos diferentes conjuntos de pontos

		Ag* ₁₈₀₆	Ag* _{20 487}	Ag1 ₂₁₃₈	Ag1* ₁₈₀₆	Ag1* _{20 487}	Ag2 ₂₁₃₈	Ag2* ₁₈₀₆	Ag2* _{20 487}
Valores amostrais ou estimados	Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	127,23	129,52	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Média	5,58	5,62	0,50	0,48	0,44	0,50	0,52	0,56
	Variância	79,04	81,28	0,25	0,07	0,06	0,25	0,08	0,06
	Variância média da KO	52,21	56,97	--	0,17	0,20	--	0,18	0,22

4. Estimacão e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimacão das classes dos teores em ouro

Tab. 4.6 – Principais estatísticos dos valores das associaes de cores AmBeCa e VePrCzCr amostrais e estimados nos diferentes conjuntos de pontos

		AmBeCa ₁₈₀₆	AmBeCa* ₂₁₃₈	AmBeCa* _{20 487}	VePrCzCr ₁₈₀₆	VePrCzCr* ₂₁₃₈	VePrCzCr* _{20 487}
Valores amostrais ou estimados	Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Média	0,60	0,66	0,68	0,34	0,38	0,39
	Variância	0,23	0,06	0,06	0,23	0,05	0,06
	Variância média da KO	--	0,15	0,16	--	0,14	0,16

Tab. 4.7 – Principais estatísticos dos valores das associaes litológicas GrGs e GcXt amostrais e estimados nos diferentes conjuntos de pontos

		GrGs ₃₉₄₄	GcXt ₃₉₄₄	GrGs* _{20 487}	GcXt* _{20 487}
Valores amostrais ou estimados	Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	1,00	1,00	1,00	1,00
	Média	0,74	0,26	0,70	0,29
	Variância	0,18	0,17	0,06	0,07
	Variância média da KO	--	--	0,13	0,14

Tab. 4.8 – Principais estatísticos dos valores dos índices de síntese [F1, F2, F3]_(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2) amostrais e estimados nos diferentes conjuntos de pontos

		[F?] _{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)2138}			[F?] _{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)*1806}			[F?] _{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)*20 487}		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Valores amostrais ou estimados	Mínimo	-0,990	-1,010	-1,020	-0,81	-0,69	-0,69	-0,85	-0,76	-0,77
	Máximo	1,490	1,390	0,730	1,22	1,13	0,64	1,34	1,24	0,63
	Média	0,194	0,132	-0,240	0,07	-0,05	-0,13	0,02	0,08	-0,09
	Variância	0,985	0,320	0,289	0,19	0,06	0,05	0,16	0,09	0,07
	Var. média da KO	--	--	--	0,57	0,25	0,21	0,71	0,28	0,24

Tab. 4.9 – Principais estatísticos dos valores índices de síntese [F1, F2, F3]_(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr) amostrais e estimados nos diferentes conjuntos de pontos

		[F?] _{(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr)1806}			[F?] _{(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr)*2138}			[F?] _{(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr)*20 487}		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Valores amostrais ou estimados	Mínimo	-1,44	-1,32	-1,28	-1,29	-1,33	-1,26	-1,58	-1,31	-1,26
	Máximo	0,77	0,68	0,57	0,77	0,65	0,54	0,84	0,64	0,51
	Média	0,01	-0,11	-0,28	0,03	-0,20	-0,29	0,05	-0,19	-0,29
	Variância	0,44	0,49	0,45	0,26	0,12	0,10	0,23	0,11	0,08
	Var. média da KO	--	--	--	0,48	0,13	0,08	0,51	0,15	0,09

4.2.1. ANÁLISE MULTIVARIADA DAS CLASSES DOS TEORES DE OURO COM A INFORMAÇÃO AUXILIAR

Com o estender da informação auxiliar às diversas malhas referidas anteriormente, estamos em condições de utilizar os processos de estimação das classes dos teores de Au (referidos na Pág. 111 nos pontos i, ii, iii e iv), o que permitirá verificar, pelo menos teoricamente, quais as estimações que melhor se adaptam aos objectivos procurados.

Para isso, o modelo linear das co-regionalizações, referido em 2.3.2.1., exige um número total de variogramas (n_t), em cada direcção principal, igual ao fornecido pela equação

$$n_t = N^2 - \frac{N!}{2!(N-2)!}, \text{ onde } N \text{ corresponde ao número total de VR principais e auxiliares.}$$

O número de variogramas cruzados (n_{vc}) é igual ao número total de variogramas menos o número de variogramas simples, ou seja:

$$n_{vc} = n_t - N$$

A redundância da informação auxiliar, resultante da classificação das variáveis auxiliares em n classes, leva à utilização de apenas $(n - 1)$ classes, uma vez que uma das classes é calculada pela diferença entre 1 e o somatório das $(n - 1)$ classes. Daí resulta a utilização de quatro classes: duas para representar os teores de Au (classificados em três classes); uma para os teores de Ag (classificados em duas); e outra para cada uma das associações das litologias e cores, no modelo linear das corregeionalizações.

O cálculo dos variogramas cruzados evidenciou a existência de más correlações espaciais entre as classes dos teores de Au e os índices de síntese $[F2, F3]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}$ e $[F2, F3]_{(GrGs, GcXt, AmBeCa, VePrCzCr)}$, traduzidas nas baixas correlações encontradas ao longo do eixo das distâncias entre as amostras dos variogramas cruzados, o que implica a sua parca utilidade para o fim em vista. Em face do elevado número de variogramas cruzados efectuados, apresentam-se apenas a título de exemplo na Figura 4.18, os variogramas cruzados encontrados para as classes Au1, Au3 com o índice de síntese $([F1]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)2138} + [F1]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)} * 1806)$.

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimação das classes dos teores em ouro

Para efectuar o cálculo e ajustamento dos variogramas cruzados e as estimações por CKO e KDE, utilizam-se as rotinas do sistema de programas ISATIS, produzido pelo Centre Geostatistique de l' Ecole des Mines de Paris, que entre outros permite efectuar ajustamentos de forma semiautomática em função do efeito de pepita, variância, covariância e amplitude escolhida.

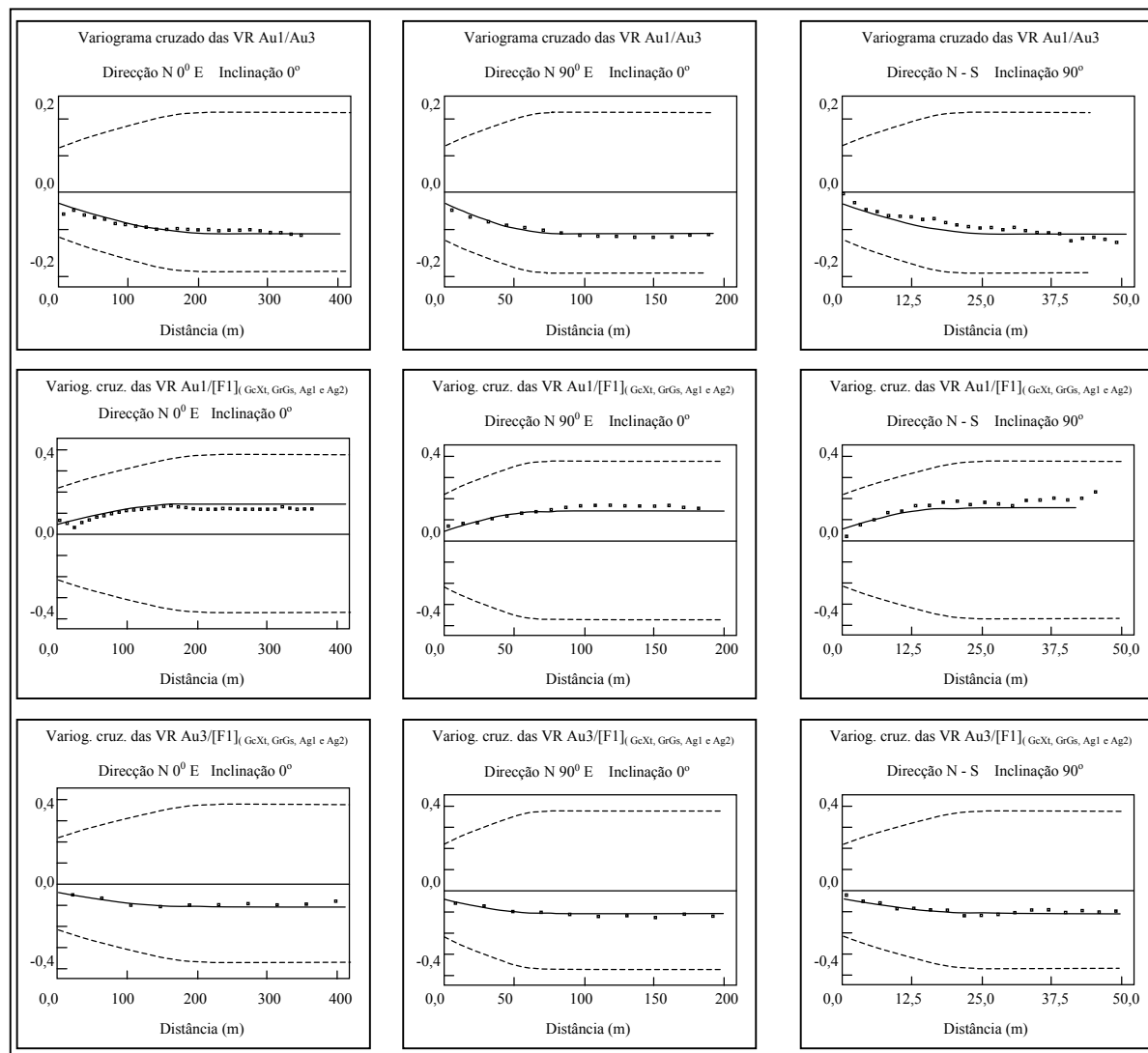


Fig. 4.18 – Variogramas cruzados entre as classes Au1 e Au3 e o índice de síntese $([F1]_{(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)2138} + [F1]_{(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)*1806})$ nos 3944 troços da amostragem total.

4.2.2. VALIDAÇÃO DAS ESTIMAÇÕES DAS CLASSES DOS TEORES DE OURO

É natural que os resultados provenientes de diferentes processos de estimação, de uma

mesma VR, num mesmo domínio, sejam diferentes ainda que ligeiramente, obrigando à escolha do processo que melhor reproduz os dados de partida. A estimação das classes dos teores de Au à custa dos valores presentes nos três conjuntos amostrais (carotada, destrutiva e total), pelos processos de KO, CKO, CKO_DE e KDE também não foge a esta regra, o que motiva a verificação sobre quais os ganhos e/ou perdas introduzidos por cada processo.

Por outro lado, o facto das classes amostrais dos teores de Au, serem variáveis dicotómicas, e os valores estimados não (os pontos estimados assumem qualquer valor compreendido entre os limites das variáveis dicotómicas [0; 1]), permite efectuar dois tipos de comparações:

- i) entre os valores amostrais e os estimados tal e qual;
- ii) entre os valores amostrais e os estimados após submissão à classificação multifásica.

Esta comparação verificou a existência de grandes semelhanças entre os valores estimados pelos diferentes processos em cada tipo de comparação, como pode ser observado a título exemplificativo na Tabela 4.10, onde para não tornar a apresentação desta aferição demasiado fastidiosa, são mostrados os valores estimados pelos TPF da KO e CKO das classes dos teores de Au com a associação das litologias GrGs, únicas presentes em toda a amostragem. Estas semelhanças colocam em questão a utilização dos valores destas comparações, numa futura hierarquização dos diferentes processos de estimação.

Ainda que não se faça a sua apresentação, estas semelhanças foram também verificadas nos valores estimados pelos TPF de outros processos de CKO e KDE em todos os conjuntos amostrais. Apesar das diminutas diferenças, verificam-se em todos os testes que:

- os valores estimados pelos processos onde intervêm variáveis auxiliares, apresentam máximos e mínimos mais afastados das respectivas médias que por sua vez, estão mais próximas das dos dados amostrais;
- as diferenças, entre os valores estimados pelos processos que utilizam variáveis auxiliares e os dados amostrais, são menores;
- as variâncias de estimação, calculadas pelos processos em que intervêm variáveis auxiliares, são mais baixas.

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimação das classes dos teores em ouro

Tab. 4.10 – Principais estatístico dos valores estimados para as classes Au1 e Au3, nos 3944 pontos coincidentes com a amostragem total, pelos TPF da KO e CKO [Au1, Au3, GrGs]

		Au1		Au2		Au3		GrGs		GeXt	
		Média	σ	Média	σ	Média	σ	Média	σ	Média	σ
Classes de Au presentes na amostragem		0,3438	0,4750	0,3319	0,4710	0,3243	0,4681	0,7433	0,4241	0,2567	0,4182
KO	Classes de Au estimadas pelo TPF	0,3387	0,3547	0,3306	0,3245	0,3307	0,2752	0,7448	0,3139	0,2552	0,3082
	Variância de estimação das classes de Au estimadas pelo TPF	0,3283	0,0271	--	--	0,3873	0,0184	0,2595	0,0257	--	--
	Diferenças entre as classes de Au presentes na amostragem e estimadas pelo TPF	0,0092	--	0,0036	--	0,0056	--	0,0033	--	-0,0033	--
	Classes de Au estimadas pelo TPF, após classificação multifásica	0,3438	0,4750	0,3319	0,4710	0,3243	0,4681	0,7433	0,4241	0,2567	0,4182
	Diferenças entre as classes de Au presentes na amostragem e estimadas pelo TPF, após classificação multifásica	0,0000	--	0,0000	--	0,0000	--	0,0000	--	0,0000	--
CKO	Classes de Au estimadas pelos TPF [Au1, Au3, GrGs]	0,3396	0,3553	0,3324	0,3302	0,3280	0,2857	0,7446	0,3212	0,2561	0,3102
	Variância de estimação das classes de Au estimadas pelo TPF [Au1, Au3, GrGs]	0,2953	0,0195	--	--	0,3793	0,0122	0,2399	0,0216	--	--
	Diferenças entre as classes de Au presentes na amostragem e estimadas pelo TPF [Au1, Au3, GrGs]	-0,0051	--	0,0014	--	0,0037	--	0,0012	--	-0,0012	--
	Classes de Au estimadas pelo TPF [Au1, Au3, GrGs], após classificação multifásica	0,3438	0,4750	0,3319	0,4710	0,3243	0,4681	0,7433	0,4241	0,2567	0,4182
	Diferenças entre as classes de Au presentes na amostragem e estimadas pelo TPF [Au1, Au3, GrGs], após classificação multifásica	0,0000	--	0,0000	--	0,0000	--	0,0000	--	0,0000	--

4.2.3. ANÁLISE DAS CO-OCORRÊNCIAS ENTRE AS CLASSES DOS TEORES DE OURO AMOSTRAIS E ESTIMADAS

A grande semelhança entre os valores representados na Tabela 4.10 motivou a procura de outro modo de validação dos resultados obtidos, que conduziu à opção por um processo de hierarquização baseado nas melhores reproduções das ocorrências/localizações, de cada classe dos teores de Au. O que é conseguido através da construção de tabelas de contingência, onde estão representadas as frequências absolutas de co-ocorrências entre as classes amostrais e as estimadas, após submissão destas últimas ao processo de classificação multifásica.

Os factos já referidos sobre a amostragem (a sua proveniência distinta e a necessidade de verificar os benefícios produzidos pela sua associação) conduziram, também neste caso,

à realização de estudos independentes para cada conjunto amostral. Nas colunas da Tabela 4.11, representam-se as co-ocorrências encontradas para os seguintes casos:

- i. conjunto de amostragem carotada;
- ii. conjunto de amostragem destrutiva;
- iii. somatório das co-ocorrências encontradas na amostragem carotada e destrutiva;
- iv. conjunto de amostragem total;
- v. diferenças entre as co-ocorrências da amostragem total referida em iv. e o somatório referido em iii..

Em virtude de apenas ser fiável a comparação entre grandezas efectivamente representativas de um domínio, quando nos processos de estimação intervêm variáveis auxiliares presentes somente num dos conjuntos de amostragem (carotada ou destrutiva), opta-se por apresentar apenas as co-ocorrências verificadas no conjunto de amostragem total.

A análise dos resultados permite retirar as seguintes conclusões:

- a reprodutibilidade das classes amostrais Au_i pelas estimadas Au_i^* é mais eficaz quando é utilizado o conjunto de amostragem do conjunto total, uma vez que os somatórios das co-ocorrências verificadas nos dois subconjuntos (pelas estimações que utilizam apenas a amostragem própria) são inferiores aos encontrados pelos mesmos processos, quando é utilizada a totalidade da amostragem;
- existe uma generalizada melhoria dos testes de qualquer conjunto, sempre que as estimações são realizadas com o recurso à CKO. No entanto, a utilização da diversa informação auxiliar nos processos de estimação por CKO não consegue alcançar os resultados obtidos pelo processo de estimação, onde apenas intervêm as classes dos teores de Au. Em face destes resultados, irá ser tentado o recurso a métodos de estimação mais abrangentes no conjunto de amostragem total, capazes de conjugar a CKO das próprias classes de Au com a utilização da restante informação auxiliar como deriva externa (CKO_DE).

4. Estimação e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimação das classes dos teores em ouro

Tab. 4.11 – Co-ocorrências entre as classes dos teores de Au presentes na amostragem e estimadas pelo TPF de diferentes processos

Classes da amostragem (Au_i) versus estimadas (Au_i^*) pelos TPF de diferentes processos e submetidas à classificação multifásica	Co-ocorrências entre as classes de Au amostrais e estimadas				
	Amostragem carotada (2138)	Amostragem destrutiva (1806)	(1) Σ das co-ocorrências da amostragem carotada e destrutiva	(2) Amostragem total (3944)	(2) - (1)
Au1* por KO	748	279	1027	1042	15
Au2* por KO	329	352	681	691	10
Au3* por KO	321	467	788	815	27
$\Sigma =$	1398	1098	2496	2548	52
Au1* por CKO [Au1, Au3]	756	287	1043	1053	10
Au2* por CKO [Au2, Au3]	335	349	684	685	1
Au3* por CKO [Au3, Au1]	337	477	814	849	35
$\Sigma =$	1428	1113	2541	2587	46
Au1* por CKO [Au1, Au3, GrGs]	751	281	1032	1048	16
Au2* por CKO [Au2, Au3, GrGs]	328	353	681	681	0
Au3* por CKO [Au3, Au1, GrGs]	334	470	804	835	31
$\Sigma =$	1413	1104	2517	2564	47
Au1* por CKO [Au1, Au3, Ag1]	--	--	--	1041	--
Au2* por CKO [Au2, Au3, Ag1]	--	--	--	676	--
Au3* por CKO [Au3, Au1, Ag1]	--	--	--	834	--
$\Sigma =$	--	--	--	2551	--
Au1* por CKO [Au1, Au3, GrGs, Ag1]	--	--	--	1048	--
Au2* por CKO [Au2, Au3, GrGs, Ag1]	--	--	--	683	--
Au3* por CKO [Au3, Au1, GrGs, Ag1]	--	--	--	835	--
$\Sigma =$	--	--	--	2566	--
Au1* por CKO [Au1, Au3, AmBeCa]	--	--	--	1048	--
Au2* por CKO [Au2, Au3, AmBeCa]	--	--	--	682	--
Au3* por CKO [Au3, Au1, AmBeCa]	--	--	--	833	--
$\Sigma =$	--	--	--	2563	--
Au1* por CKO [Au1, Au3, GrGs, AmBeCa]	--	--	--	1047	--
Au2* por CKO [Au2, Au3, GrGs, AmBeCa]	--	--	--	683	--
Au3* por CKO [Au3, Au1, GrGs, AmBeCa]	--	--	--	838	--
$\Sigma =$	--	--	--	2568	--
Au1* por CKO [Au1, Au3, [F1] _(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)]	--	--	--	1046	--
Au2* por CKO [Au2, Au3, [F1] _(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)]	--	--	--	681	--
Au3* por CKO [Au3, Au1, [F1] _(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)]	--	--	--	835	--
$\Sigma =$	--	--	--	2562	--
Au1* por CKO [Au1, Au3, [F1] _(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)]	--	--	--	1038	--
Au2* por CKO [Au2, Au3, [F1] _(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)]	--	--	--	685	--
Au3* por CKO [Au3, Au1, [F1] _(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)]	--	--	--	855	--
$\Sigma =$	--	--	--	2578	--

A realização destes testes aos processos de estimação que utilizam a CKO_DE, permitiu encontrar as co-ocorrências representadas na Tabela 4.12. Verifica-se que a estimação mais precisa das classes dos teores de Au é conseguida através da utilização da CKO das próprias classes e considerando como deriva externa o índice de síntese $[F1]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}$. Neste caso consegue-se obter um somatório de 2948 co-ocorrências entre as classes de Au amostrais e estimadas (em 3944 possíveis), representando um ganho de cerca de 9 % relativamente ao processo de estimação por co-estimação das classes de Au com a KDE com as classes de Ag, que se lhe segue em termos de precisão, o que motiva a sua escolha como o melhor método para efectuar a estimação destas classes.

Para uma melhor percepção das diferenças existentes entre os valores estimados pelos processos que obtiveram o melhor e pior resultados no TPF, representam-se na Figura 4.19 as funções de distribuição dos valores da classe Au1 presentes nas 3944 amostras e estimados pontualmente sobre as amostras pelos TPF desses processos (sem classificação multifásica), que permite observar a maior aproximação entre as funções de distribuição dos valores amostrais e estimados pelo processo de CKO_DE $[Au1, Au3]_{[F1]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}}$.

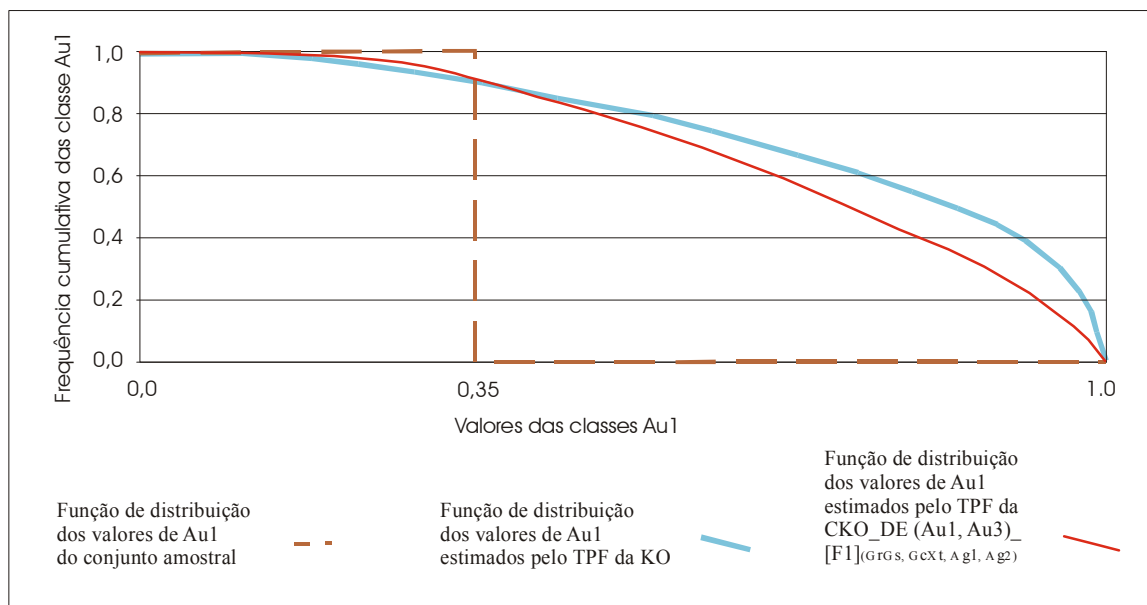


Fig. 4.19 – Funções de distribuição cumulativa da classe Au1 para os valores amostrais e estimados pontualmente sobre a amostragem por KO e CKO_DE $[Au1, Au3]_{[F1]_{(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}}$.

4. Estimacão e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimacão das classes dos teores em ouro

Tab. 4.12 – Co-ocorrências entre as classes dos teores de Au presentes nos 3944 troços da amostragem total e estimadas pelos TPF dos processos de CKO_DE [Au1, Au3] com variáveis auxiliares

Classes dos teores de Au estimadas pelos processos:	Co-ocorrências
Au1* por CKO_DE [Au1, Au3]_[GrGs]	1046
Au2* por CKO_DE [Au2, Au3]_[GrGs]	676
Au3* por CKO_DE [Au1, Au3]_[GrGs]	856
$\Sigma =$	2578
Au1 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[GrGs, AmBeCa]	1045
Au2 * por CKO_DE [Au2, Au3]_[GrGs, AmBeCa]	677
Au3 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[GrGs, AmBeCa]	860
$\Sigma =$	2582
Au1 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[F1] _(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)	1052
Au2 * por CKO_DE [Au2, Au3]_[F1] _(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)	689
Au3 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[F1] _(GrGs, GeXt, AmBeCa, VePrCzCr)	854
$\Sigma =$	2595
Au1 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[AmBeCa]	1048
Au2 * por CKO_DE [Au2, Au3]_[AmBeCa]	691
Au3 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[AmBeCa]	863
$\Sigma =$	2602
Au1 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[Ag1]	1070
Au2 * por CKO_DE [Au2, Au3]_[Ag1]	708
Au3 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[Ag1]	877
$\Sigma =$	2655
Au1 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[GrGs, Ag1]	1074
Au2 * por CKO_DE [Au2, Au3]_[GrGs, Ag1]	716
Au3 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[GrGs, Ag1]	876
$\Sigma =$	2666
Au1 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[F1] _(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)	1116
Au2 * por CKO_DE [Au2, Au3]_[F1] _(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)	830
Au3 * por CKO_DE [Au1, Au3]_[F1] _(GrGs, GeXt, Ag1, Ag2)	1002
$\Sigma =$	2948

Também para visualizar as diferenças entre as distribuices das classes de Au, estimadas nos blocos de desmonte do jazigo pelos processos com melhor e pior

desempenho, representam-se na Figura 4.20 os valores estimados pelos processos de KO e CKO_DE [Au1, Au3]_[F1]_(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2), nos pisos às cotas 108, 132 e 164 m.

Como foi referido em 2.3.3.1., podem utilizar-se diferentes valores de corte para permitir visualizar as zonas de maior incerteza de uma classe. De acordo com esta técnica visualizaram-se 3 classes definidas com os limites: valor de corte da classe Au3 – 10 %; valor de corte da classe Au3; e valor de corte da classe Au3 + 10 %, para individualizar respectivamente as fracções representadas: a rosa, que pertencendo à classe Au2 está muito próxima da classe Au3; a azul, que é a fracção dos primeiros valores da classe Au3; e a vermelho, que é a fracção onde a probabilidade de pertença a Au3 é mais elevada.

Este processo de estimación das classes de Au1* e Au3* por CKO_DE [Au1, Au3]_[F1]_(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2) passará a ser referenciado por (Au1*, Au3*)^{sem classificação multifásica}, quando reportar apenas aos valores estimados, ou por (Au1*, Au3*)^{com classificação multifásica}, quando os valores estimados forem submetidos ao processo de classificação multifásica.

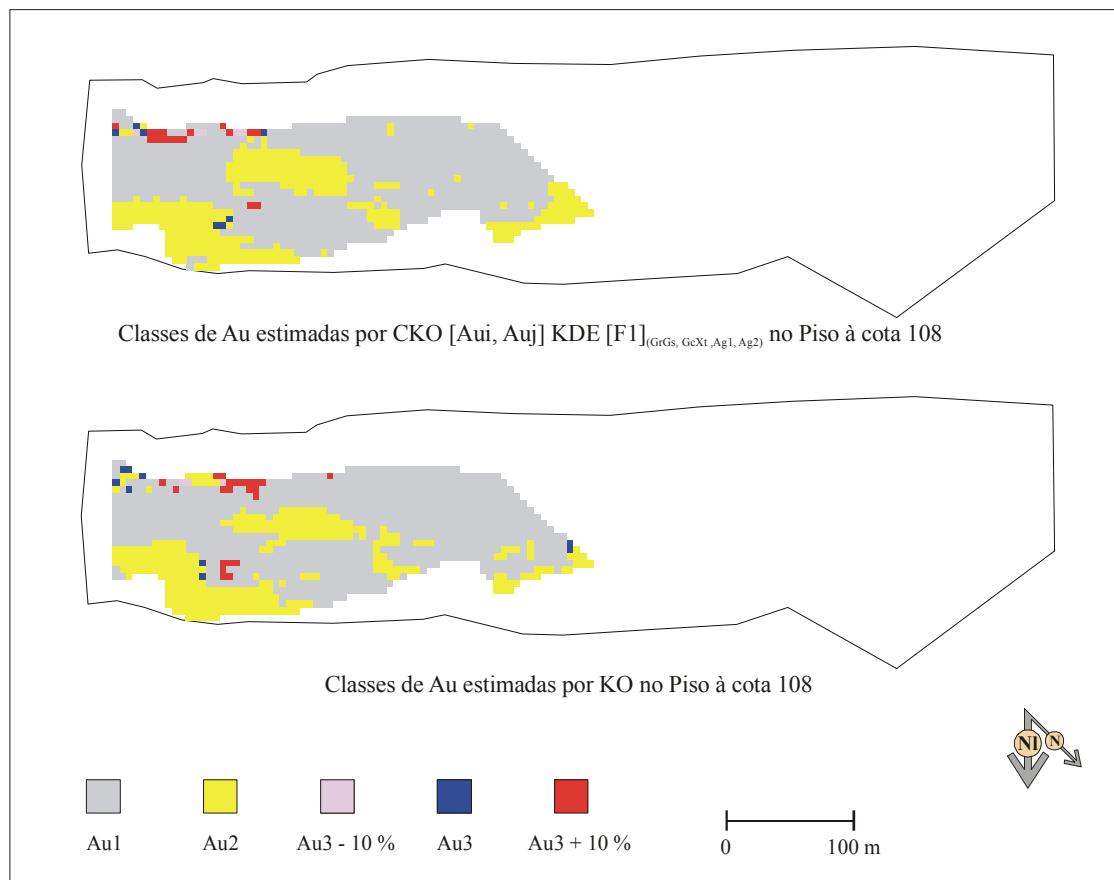


Fig. 4.20 – Mapas das classes de Au estimadas por KO e CKO_DE[Au1, Au3]_[F1]_(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2) “continua”.

4. Estimación e análise de sensibilidade das classes dos teores de ouro

4.2. Estimación das classes dos teores de ouro

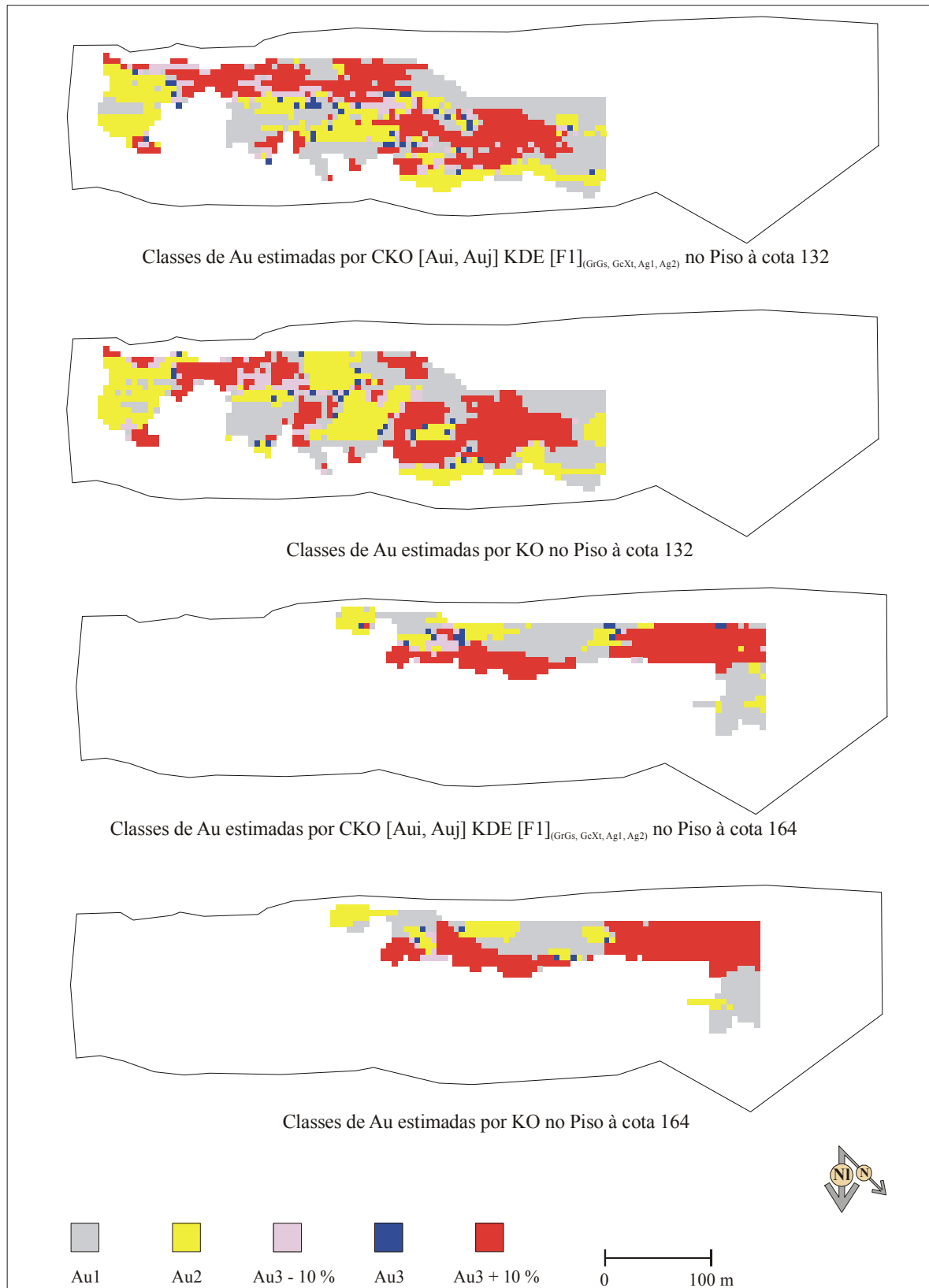


Fig. 4.20 – “Continuação” Mapas das classes de Au estimadas por KO e CKO_DE[Au₁, Au₃]_{[F₁]_(GrGs, GcXt, Ag1, Ag2)}