

# AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DE MAPEAMENTO DA MORFODINÂMICA NA BACIA DO RIO MOGI - CUBATÃO/SP

*EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA\**

*JOSÉ FLÁVIO MORAIS CASTRO\*\**

*JOSÉ ALEXANDRE FELIZOLA DINIZ\*\*\**

## **Resumo**

Este trabalho teve por objetivo principal analisar as relações existentes entre atributos do meio físico, realizando mapeamento da morfodinâmica a partir do uso de método estatístico multivariado (análise de agrupamento - *Cluster Analysis*). Além disso, objetivou proceder a avaliação comparativa entre produtos elaborados pelos métodos estatísticos multidimensional, digital e convencional; testar o uso de dois métodos diferenciados de coleta de dados; e, elaborar mapas de isocorrelação para avaliar o comportamento espacial de variáveis que apresentaram significativa interrelação entre si. Os resultados demonstraram que o método estatístico utilizado apresentou bom nível de aplicação em mapeamento que envolve muitas variáveis, levando em consideração as limitações da resolução espacial e não havendo variáveis mais importantes que outras para representação espacial. Ressalta-se porém que para o uso do método deve haver bom conhecimento do tema sob estudo. Deve-se ainda levar em consideração em estudos dessa natureza as limitações ainda existentes de capacidade de processamento de informações espaciais de alguns programas estatísticos, principalmente em ambiente computacional DOS. A elaboração de mapas de isocorrelação pode ser de grande utilidade, considerando o uso de melhor resolução espacial. Quanto ao método de coleta de dados, o que considerou mais de uma variável por célula mostrou-se mais eficiente e detalhado, constituindo-se em forma de representação de dados diferente da tradicionalmente utilizada nos SIG's e que pode ser opção de tratamento de dados multidimensionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** mapeamento, morfodinâmica, SIG, estatística multivariada.

---

\* Departamento de Geociências/CCEN/UFPb, João Pessoa-Pb

\*\* Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica/IGCE/UNESP, Rio Claro-SP

\*\*\* Universidade Federal de Sergipe, Aracaju-Se

## Abstract

### **Statistical Evaluation of the Morphodynamic Mapping in the Mogi River Basin - Cubatão/SP**

This work had the principal aim of analysing the relations existing between the physical environment, making the Morphodynamic Mapping through the use of multivariate statistical method (grouping analysis - Cluster Analysis). Besides that, this work aimed to proceed with comparative evaluation between products elaborated through multidimensional, conventional and the SIG's statistical methods, to test the use of two differentiated methods of data assessment, and to elaborate isocorrelation maps to evaluate the spatial behavior of variables that presented significant relation between themselves. The results showed that the statistical method used has shown a good level of application in mapping that involves many variables, taking into account the spatial resolution limitations, and not existing variables more important than others for spatial representation. However it is pointed out that for the use of the method there must be a good knowledge of the theme in study. It is still necessary to take into account, in studies of this nature, the still existing limitation of spatial information processing capacity, principally in computational environment DOS. The isocorrelation maps elaboration can be of great utility, considering the use of better spatial resolution. As the data assessment method, the one that considered more than one variable per cell showed to be more efficient and detailed, becoming a form of data representation different from the traditional one used in the SIG's and that can be an option of multidimensional data treatment.

**KEY-WORDS:** *mapping, morphodynamic, Geographical Information System, multivariate statistical*

## 1. INTRODUÇÃO

A análise de informações espaciais, na atualidade, assume significativa importância pelo fato de incorporar a tecnologia computacional, dentre elas destacam-se as ambientais. O instrumental permite a manipulação de grande volume de dados, a exemplo do que ocorre com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's), bem como com os métodos quantitativos.

GERARDI e SILVA (1981) reforçam a afirmativa quando salientam que em face ao grande volume de dados com que o geógrafo se defronta, aparece a necessidade de se utilizar meios que tornem a massa de informação mais facilmente manipulável e compreensível, meios estes que são propiciados pela análise quantitativa que, de maneira objetiva, permite a verificação das relações entre os fenômenos estudados e sua distribuição no espaço.

Utilizando-se de conceitos de trabalho da sistemática digital, pode-se fazer uso de métodos estatísticos no intuito de procurar analisar a informação espacial dentro de uma concepção de covariação espacial e não casual (Diniz, 1984); procurando, com isso, avaliar o problema sem priorizar variáveis, mas antes buscando as relações entre os elementos sob análise.

Nessa perspectiva, este estudo tem por objetivo geral analisar as relações existentes entre atributos do meio físico avaliando, estatisticamente, mapeamento da morfoodinâmica a partir do uso de método estatístico multivariante (análise de agrupamento - *Cluster Analysis*) que permita estabelecer grupos de atributos com características espaciais semelhantes.

Pretende-se, também, como objetivos específicos, analisar comparativamente produtos elaborados pelos métodos estatístico multidimensional, digital (SIG) e convencional; bem como, testar e avaliar dois métodos diferenciados de coleta de dados em uma matriz nominal. Gerar mapas de isocorrelação para avaliar o comportamento espacial de variáveis que apresentam significativa relação entre si.

O método convencional foi elaborado por CETESB (1991), em Relatório Técnico intitulado: *Carta Morfoodinâmica da Serra do Mar na Região de Cubatão-SP*. CASTRO (1993) aplicou, para uma área-teste do referido Relatório, o método digital em Dissertação de Mestrado intitulada: *Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Temática da Morfoodinâmica: o exemplo do estudo da Bacia do Rio Mogi - Cubatão/SP*.

Desta forma, adota-se a referida Dissertação como base para a aplicação da Análise de Agrupamento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. *Material*

A área de estudo, Bacia do Rio Mogi, localiza-se a NE do Município de Cubatão, Baixada Santista - Estado de São Paulo, e está compreendida entre os paralelos 23°46' - 23°52' S e os meridianos 46°19' - 46°24' W, perfazendo uma área de aproximadamente 47 Km<sup>2</sup> (Fig. 1).

Para o desenvolvimento do estudo, utiliza-se dos seguintes programas computacionais:

- NTSYS versão 1.5 para realização do processamento estatístico dos dados;
- DOS e NORTON para entrada e armazenamento da base de dados e dos resultados obtidos;
- EXCEL versão 5.0 para fazer edição e impressão das matrizes de correlação;
- SURFER versão WINDOWS, do curso de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente IGCE/UNESP/Rio Claro, para gerar os mapas de isocorrelação e os modelos tri-dimensionais.

### 2.2. *Métodos*

#### 2.2.1. *Elaboração de mapas morfodinâmicos a partir da análise de agrupamento (Cluster Analysis)*

CASTRO (1993) obteve um mapa morfodinâmico para a área, a partir da superposição de seis variáveis ambientais: morfologia, hipsometria, declividade, geologia, pluviometria e cobertura vegetal e uso do solo, com suas respectivas classes, e trabalhou com resolução espacial de 20 m. Selecionou-se, do referido estudo, as variáveis necessárias para análise de estatística multivariada (Tabela 1).

Para a aplicação da Análise de agrupamento, criou-se uma base quadriculada com células quadrangulares com resolução espacial de 350 metros no terreno (Fig. 2). A definição desta resolução foi necessária para que se permitisse a coleta das informações nos mapas temáticos sem grande perda de detalhe e também em virtude das limitações do programa estatístico.

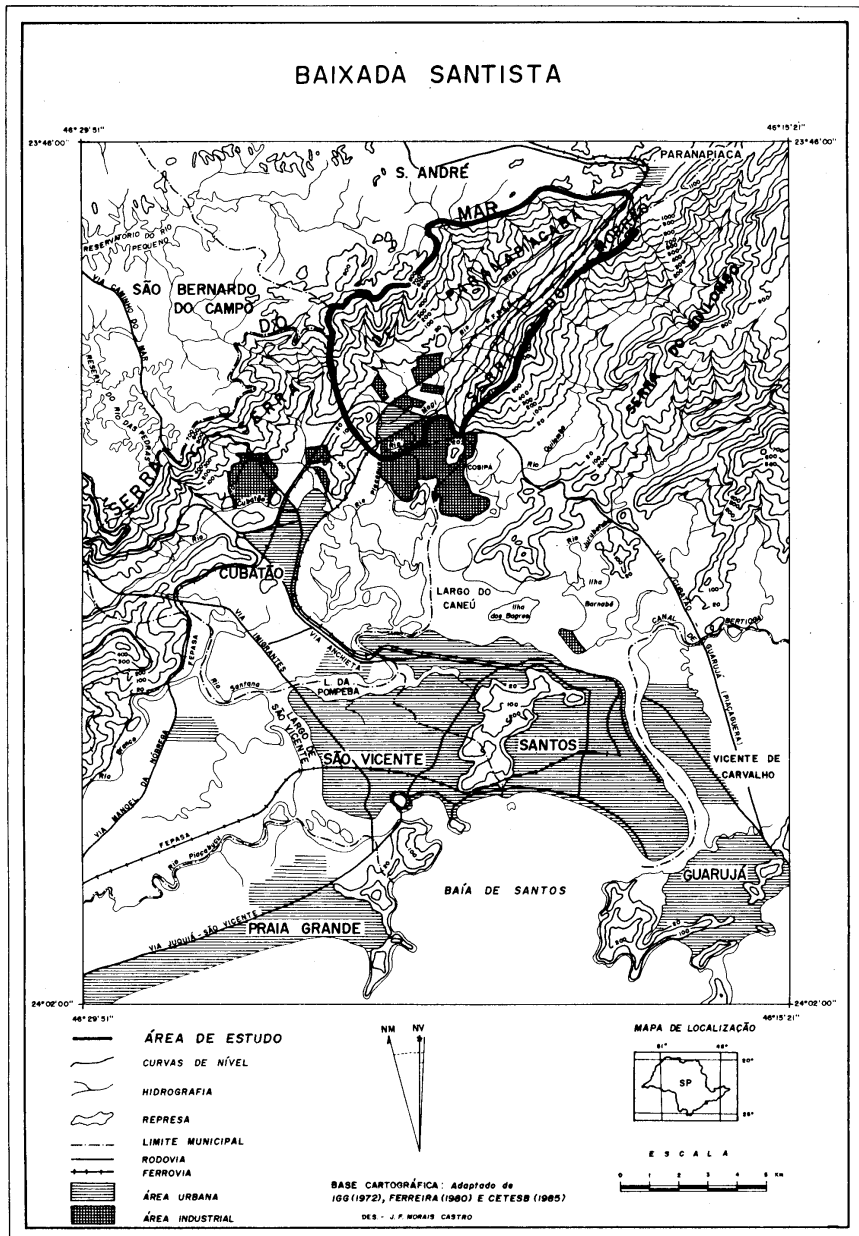
Esta base quadriculada foi construída em papel transparente e superposta às variáveis ambientais para extração dos dados na escala nominal elaborando-se, portanto, uma matriz nominal (sim/não ou 0/1), constituída de 25 variáveis x 300 casos, segundo dois métodos de coleta:

- **Método 1** - Considerando em cada célula a existência da variável com área de ocorrência superior a 30% da área da célula. Nesse sentido, poderia haver a existência em uma mesma célula de uma ou mais variáveis. Os dados e os resultados com esse método são identificados como **MORFO** (Tabela 2).
- **Método 2** - Considerando em cada célula a existência da variável com área de ocorrência mais significativa em relação a área da célula. Os dados e resultados obtidos com esse método são identificados como **MORFO1** (Tabela 3).

Inicialmente pretendia-se trabalhar com a área total da Bacia do Rio Mogi, com 481 células, das quais os dados foram obtidos; entretanto, devido a limitações do programa estatístico utilizado, só foi possível de se trabalhar com área da bacia correspondente a 300 células.

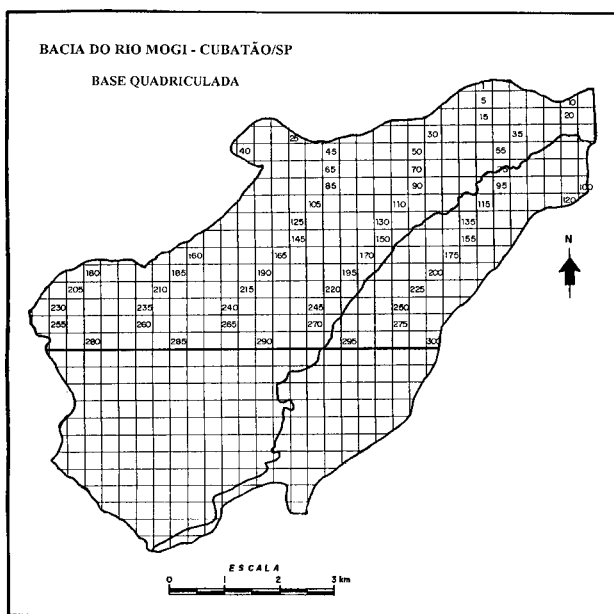
Construídas as matrizes nominais, procedeu-se ao processamento dos dados objetivando a análise de agrupamento, a qual foi realizada utilizando-se o coeficiente de similaridade Simple Matching (SM) e o método de agrupamento Unweighted Pair-Group Method, Arithmetic Averages (UPGMA).

Fig. 1 - Mapa de localização da área de estudo



**Tabela 1 - Variáveis adotadas para análise estatística multivariada**

VARIÁVEIS UTILIZADAS POR CASTRO (1993)	VARIÁVEIS SELECIONADAS
Morfologia	(1) Vertente retilínea (2) Vertente convexa (3) Planície fluvial e terraço (4) Rampa de colúvio
Hipsometria	(5) < 150 m (6) 150 - 300 m (7) 300 - 450 m (8) 450 - 600 m (9) > 600 m
Declividade	(10) < 5° (11) 5 - 15° (12) 15 - 25° (13) 25 - 35° (14) > 35°
Geologia	(15) Quaternário (16) Paleozóico (17) Pré-cambriano
Pluviometria	(18) 2000 a 2500 mm (19) 3000 a 4000 mm
Cobertura Vegetal e Uso do Solo	(20) Mata e Mata com degradação fraca (21) Mata com degradação forte (22) Capoeira e Capoeira com degradação fraca (23) Capoeira com degradação forte (24) Campo (25) Área de manutenção

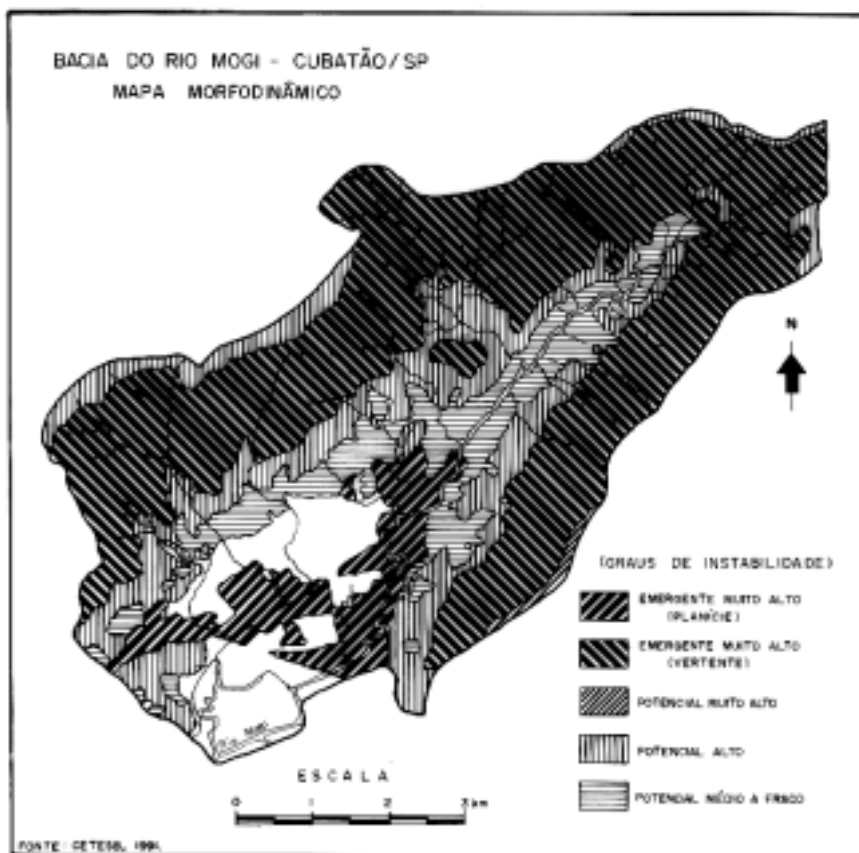
**Fig. 2 - Base quadriculada da Bacia do Rio Mogi / Cubatão-SP, para fins de coleta de dados para uma matriz nominal**



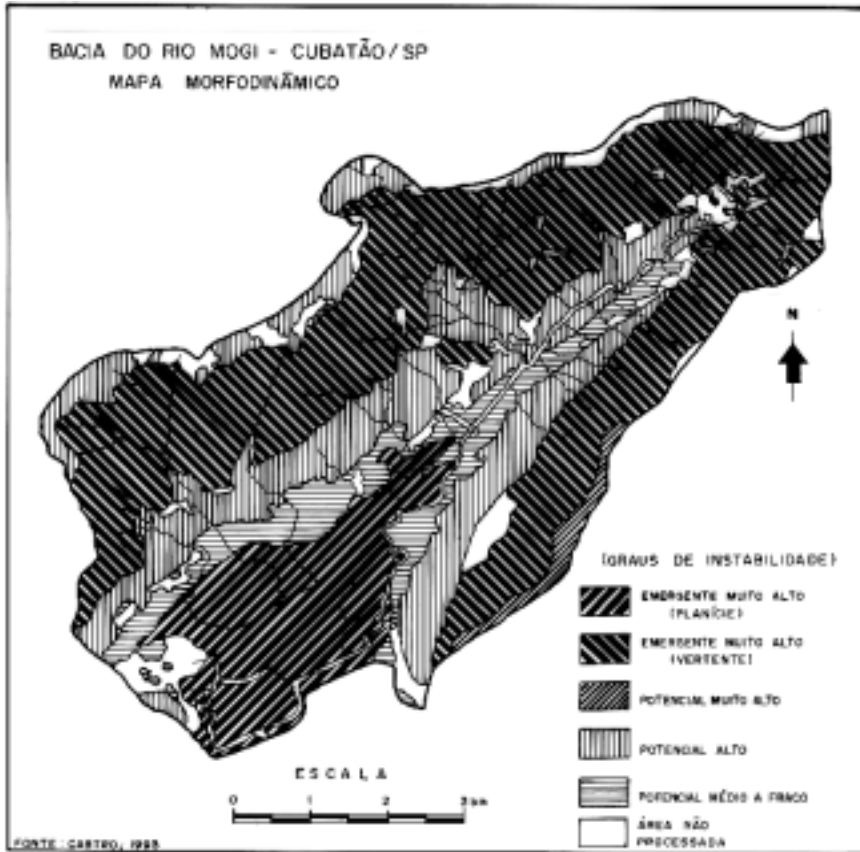


A partir da análise de agrupamento foram gerados e impressos dois dendogramas, referentes aos dois métodos de coleta de dados adotados (MORFO e MORFO 1). De posse dos dendogramas foi realizado um corte nos memos para construir classes de instabilidade morfodinâmica (TRICART, 1977; e, ROSS, 1990), de modo que houvesse semelhança com as classes do mapa final adotadas por CETESB (1991) e CASTRO (1993), ou seja, em número de 5 (cinco): Emergente Muito Alto em Vertente; Emergente Muito Alto em Planície; Potencial Muito Alto; Potencial Alto; e, Potencial de Médio a Fraco (Figs. 3 e 4). Os claros existentes no mapa da figura 4 são justificados em CASTRO (1993).

**Fig. 3 - Mapa morfodinâmico elaborado pelo método convencional, CETESB (1991)**



**Fig. 4 - Mapa morfodinâmico elaborado pelo método digital (SIG), Castro (1993)**



Definidas as classes nos dendogramas, foram elaborados os mapas relativos aos métodos de coleta de dados.

Foram obtidos os índices de correlação cofenéticos para testar a representação nos dendogramas das matrizes de similaridade no caso dos métodos MORFO e MORFO1. Este índice é obtido comparando-se a matriz cofenética com a matriz de agrupamento dos dados, a partir da qual é gerado o dendograma.

Utilizando os dois métodos (MORFO e MORFO1), também foram coletados dados do mapa gerado por CETESB (1991), desta feita utilizando como variáveis as 5 (cinco) classes existentes.

Numa etapa posterior procedeu-se à análise comparativa visual dos mapas gerados a partir da análise de agrupamento com o da CETESB (1991) e com o gerado pelo Sistema de Informação Geográfica (CASTRO, 1993).

A análise comparativa estatística foi realizada entre as matrizes de similaridade (MORFO e MORFO1) geradas com as 25 variáveis e as matrizes de similaridade obtidas com os dois métodos de coleta de dados das 5 variáveis do mapa de CETESB (1991). Para tanto foi utilizado o teste de Mantel (BINI e DINIZ-FILHO, 1995), que é dado por:

$$Z = \sum_i \sum_j (X_{ij} \cdot Y_{ij})$$

onde:

$X_{ij}$  e  $Y_{ij}$  são, respectivamente, os elementos das matrizes  $X$  e  $Y$  sendo comparadas.

### 2.2.2. *Elaboração dos mapas de isocorrelação*

Utilizando a mesma base quadriculada com as 300 células, foram definidos sub-grupos de 9 células cada (número mínimo, de acordo com sugetão de DINIZ (1984), como forma de obtenção dos dados, conforme metodologia usada por DINIZ (1984).

Para a construção dos mapas de isocorrelação foram inicialmente obtidas matrizes das correlação entre as variáveis para toda a área de estudo (300 células), segundo os métodos MORFO e MORFO1, procurando-se avaliar a existência ou não de correlação entre as mesmas. Para tanto foi utilizado o coeficiente de correlação  $\phi$  (phi).

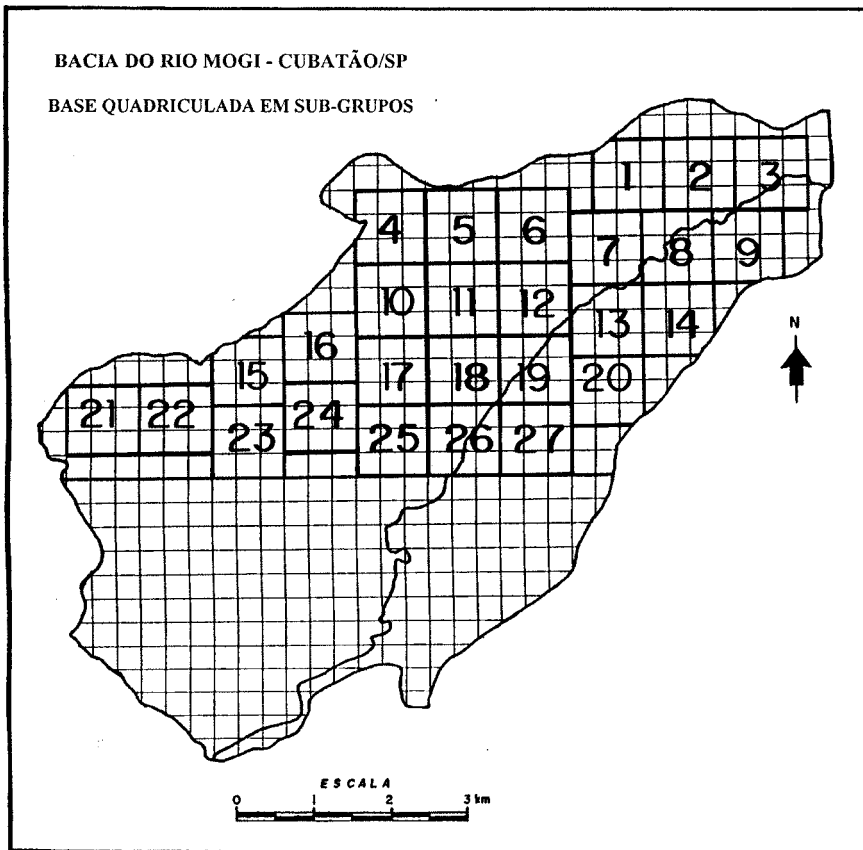
Foram definidos 27 sub-grupos (Fig. 5), e a partir da base de dados existente para as 300 células foram criados 27 arquivos de dados referentes aos métodos MORFO e MORFO1.

Para cada sub-grupo foi obtida a correlação entre as variáveis utilizando-se novamente o coeficiente de correlação  $\phi$  (phi). Para tanto verificou-se que o programa estatístico utilizado não realizava a operação em virtude de algumas variáveis não apresentarem variação dentro do sub-grupo. Assim sendo, ocorrendo essas variáveis foram retiradas da base de dados, considerando que a correlação entre ela e as demais seria 0 (zero) e que não constariam das matrizes de correlação dos sub-grupos.

Obtidas, então, as matrizes de correlação para cada sub-grupo, foram destacadas aquelas correlações significativas. A partir desse procedimento, foi contabilizado o número de vezes que ocorreu correlação significativa entre as variáveis e as que ocorreram em maior número foram selecionadas para a construção dos mapas de isocorrelação.

Os mapas de isocorrelação e os modelos tri-dimensionais foram construídos utilizando-se o programa computacional SURFER versão WINDOWS, com o método de interpolação *Radial Basis Functions*.

**Fig. 5 - Base quadriculada em sub-grupos da Bacia do Rio Mogi / Cubatão-SP, para fins de cálculo de coeficiente de correlação**



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Mapas gerados a partir do método de Análise de agrupamento

Utilizada a técnica de análise de agrupamento foram obtidos os dois dendogramas (Figs. 6 e 7), com base nos dois métodos de coleta de dados. Observa-se que há uma diferenciação nos dendogramas quanto ao agrupamento das células ao nível da menor similaridade.

Isto pode ser explicado pelo fato de que no método MORFO as células podem apresentar mais de uma variável cada uma e por este motivo se individualizam totalmente, ao passo que no método MORFO1 as células apresentam maior semelhança entre si porque assumem apenas uma variável e portanto possibilita a existência de células semelhantes.

Quanto ao ponto de corte nos dendogramas, houve comportamento muito semelhante, uma vez que em MORFO foi aproximadamente no ponto 0.72 e em MORFO1 aproximadamente no ponto 0.73. Os mapas obtidos a partir dos dendogramas podem ser vistos nas figuras 8 e 9:

Estes mapas apresentam semelhança entre si, principalmente na área referente ao fundo de vale. Nas porções norte, noroeste e oeste da bacia, o mapa MORFO1 apresenta áreas da classe de potencial alto, enquanto no mapa MORFO não ocorre o mesmo. Essa parece ser a diferença mais marcante entre ambos.

Outra diferença que apresentam esses mapas refere-se à porção central da área de estudo, onde há uma ocorrência maior de células da classe de potencial alto no mapa MORFO e não ocorre o mesmo no mapa MORFO1.

Realizando uma comparação visual dos mapas gerados neste trabalho com os mapas gerados por CETESB (1991) e CASTRO (1993), podem ser feitas as seguintes considerações:

- há uma significativa semelhança entre os mapas gerados pela análise de agrupamento e os demais, principalmente se for considerada a pobre resolução espacial neste trabalho, em função dos motivos anteriormente expostos;
- há semelhança dos mapas gerados neste trabalho com os mapas de CETESB (1991) e de CASTRO (1993), contudo, há maior semelhança do mapa MORFO 1 com os demais;
- embora com a utilização do método de análise de agrupamento não fosse possível identificar o significado das classes resultantes, o controle das variáveis e o conhecimento da área de estudo permitiram, de certa forma, esta definição.

Os resultados comparativos obtidos estatisticamente foram os seguintes:

Coefficiente de correlação cofenético **MORFO** - 0,797

Coefficiente de correlação cofenético **MORFO1** - 0,763

Teste de Mantel:

**MORFO** -  $r = 0,574$   $t = 11,18$

$r^2 = 33$

**MORFO1** -  $r = 0,420$   $t = 8,83$

$r^2 = 18$

Diante dos resultados apresentados conclui-se que os dendogramas não estão representando muito bem as matrizes de similaridade. Ainda assim pode-se observar que o método MORFO apresentou resultado superior ao MORFO1, talvez pelo fato de apresentar maior riqueza de informação das variáveis. É provável que o uso de melhor resolução espacial individualizasse melhor cada célula e permitisse maior poder de agrupamento.

A partir desses resultados pode-se supor que os mapas gerados pela análise de agrupamento poderiam apresentar maior semelhança com os demais.

A análise comparativa realizada estatisticamente difere daquela realizada pela análise visual, uma vez que apresenta melhor correlação entre as matrizes obtidas com o método MORFO. O resultado obtido do teste de Mantel, que apresentou coeficiente de correlação de 0,574, significativo ao nível de 1%, não é convincente, haja vista que explica apenas 33% da semelhança.

DENOGRAMA DE AGRUPAMENTO PELO MÉTODO 1 (MORFO)

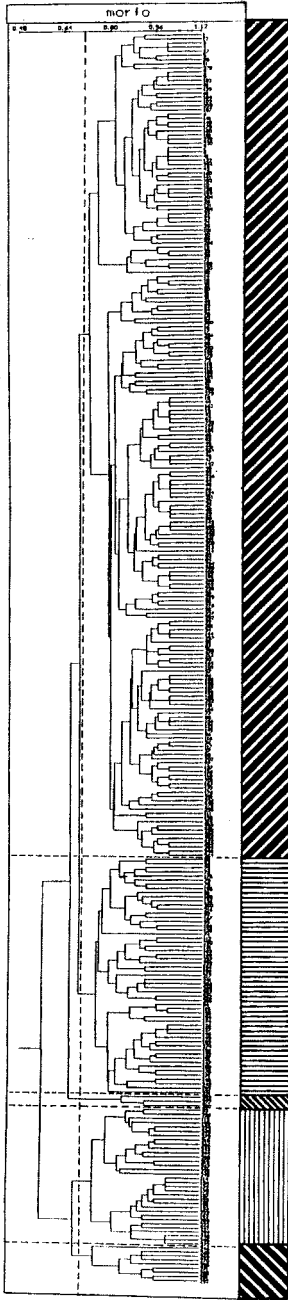


Fig. 6 - Graus de instabilidade morfodinâmica: emergente muito alto em planície, potencial médio a fraco, potencial muito alto, potencial alto e emergente muito alto em vertente

DENOGRAMA DE AGRUPAMENTO PELO MÉTODO 2 (MORFO)

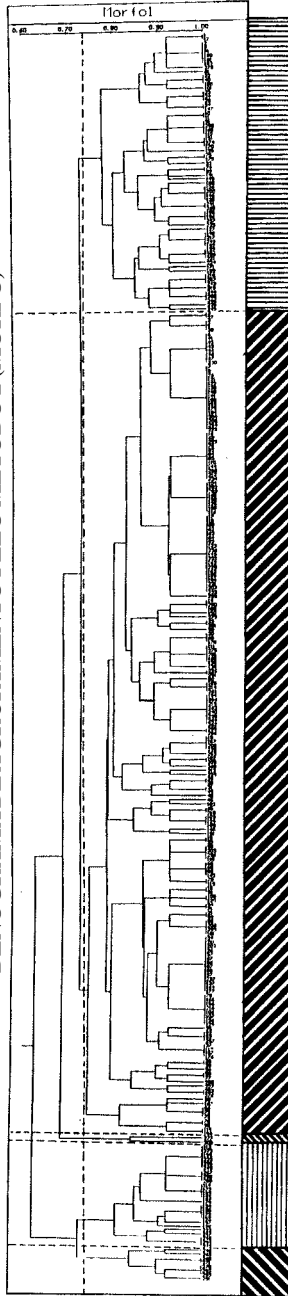
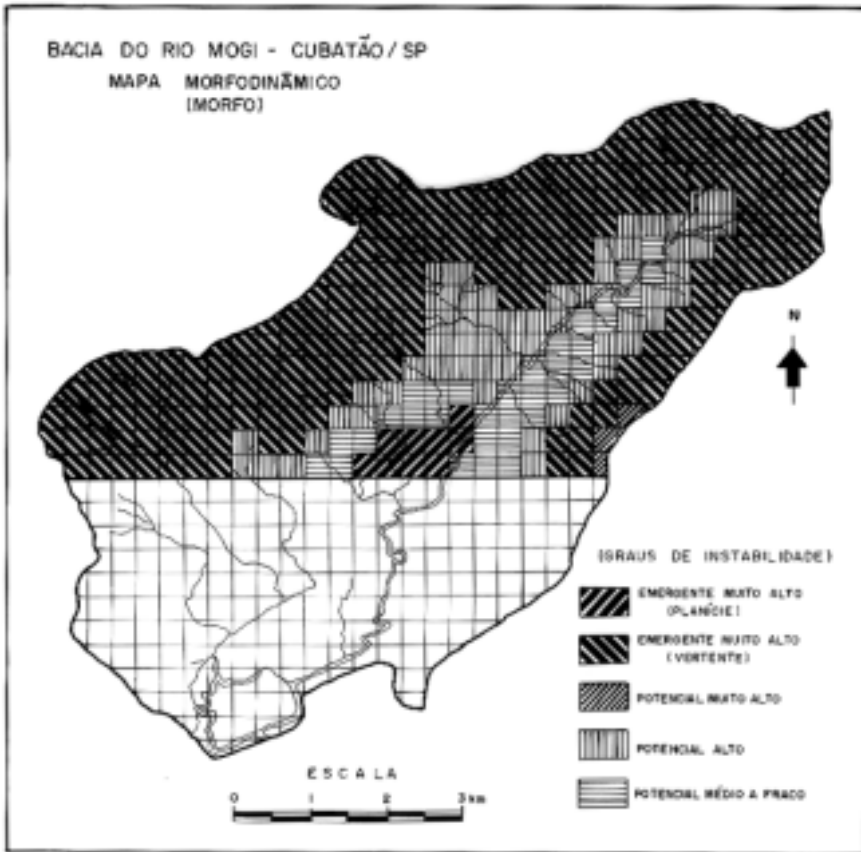
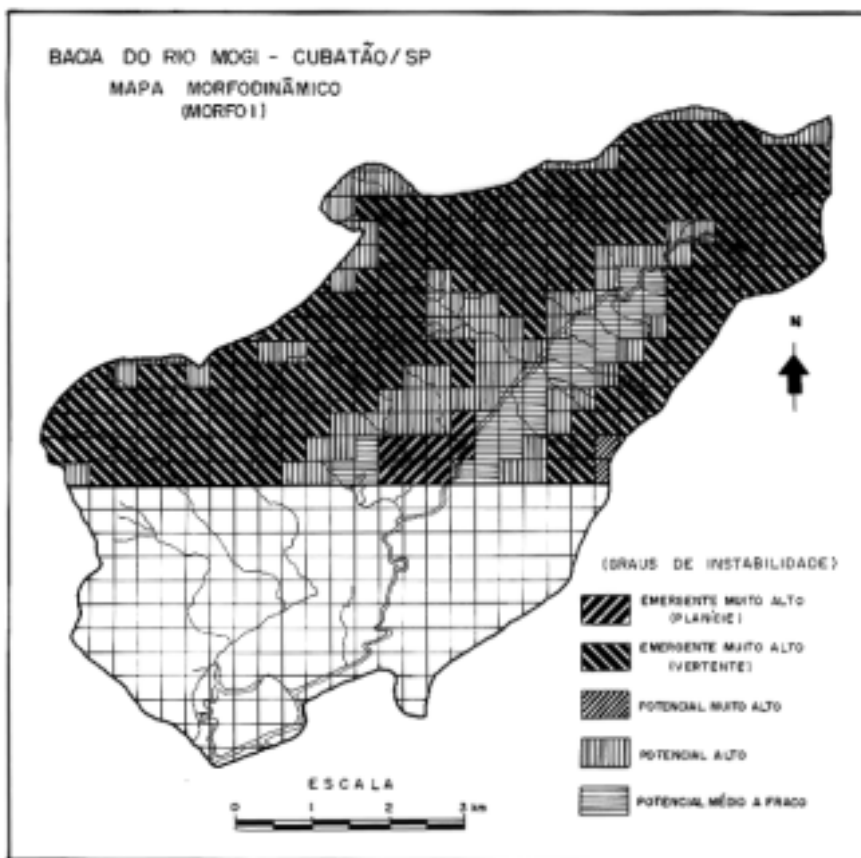


Fig. 7 - Graus de instabilidade morfodinâmica: emergente muito alto em planície, potencial médio a fraco, potencial muito alto, emergente muito alto em vertente e potencial alto.

**Fig. 8 - Mapa morfodinâmico obtido com método MORFO**





**Fig. 9 - Mapa morfodinâmico obtido com método MORFO1**

Utilizando-se o método MORFO1 o percentual de explicação passa a ser ainda menor, 18%. A justificativa para isto ainda é a mesma que vem sendo mencionada e que aponta para o maior detalhamento do método MORFO.

### 3.2. Mapas de isocorrelação

Geradas as matrizes de correlação para os sub-grupos, as correlações mais significativas observadas estão relacionadas nas tabelas 4 e 5. O número de ocorrências das correlações mais significativas pode ser visto nas tabelas 6 e 7.

Das correlações entre variáveis selecionadas foram construídos os mapas de isocorrelação e os modelos tri-dimensionais referentes às figuras 10 e 11.

A correlação entre as variáveis 5 (< 150 m de altitude) e 19 (3.000 a 4.000 mm de pluviosidade) (MORFO) (Fig. 10A) é elevada nas porções sudeste e sudoeste da área. Pelo exame do comportamento espacial das variáveis conclui-se que isto ocorre porque não há coexistência de ambas nesses espaços. Onde ocorrem valores de correlação mais baixos, não há relação espacial entre as variáveis.

No caso das variáveis 7 (300 a 450 m de altitude) e 9 (> 600 m de altitude) (MORFO) (Fig. 10B), verifica-se relação espacial entre ambas apenas na porção oeste da área, pelo fato de ser esse trecho da área de estudo o único onde ocorrem ambas faixas de altitude de forma contínua.

Quanto às variáveis 7 (300 a 450 m de altitude) e 18 (2.000 a 2.500 mm de pluviosidade) (MORFO) (Fig. 10C), ocorrem maiores valores de correlação nas porções sudeste e sudoeste da área. Em ambos os casos não há ocorrência de nenhuma das variáveis. Nos locais que apresentam correlação baixa, há ocorrência de apenas uma delas, como no centro-sul, oeste e norte onde apenas existem áreas que ocorre a variável 18.

As variáveis 1 (vertente retilínea) e 2 (vertente convexa) (MORFO1) (Fig. 11A), apresentam elevada correlação nas porções oeste e sudeste da área, demonstrando que nestes trechos há ocorrência significativa de ambas as variáveis e nas demais apenas da vertente retilínea que é predominante em termos de área.

Quanto às variáveis 5 (> 150 m de altitude) e 6 (150 a 300 m de altitude) (MORFO1) (Fig. 11B), os mais altos valores de correlação encontram-se na porção central da área, onde ambas ocorrem. Nas demais áreas, ou ocorre apenas a variável 6 ou nenhuma delas.

As variáveis 12 (15-25° de declividade) e 13 (25-35° de declividade) (MORFO1) (Fig. 11C) apresentam alta correlação nas porções noroeste, leste e centro-oeste da área, correspondendo aos trechos onde coexistem. Nas áreas de menor correlação há o predomínio de uma das duas, como no caso da porção oeste onde ocorre predominantemente a variável 13.

Na análise das variáveis 18 (2.000 a 2.500 mm de pluviosidade) e 19 (3.000 a 4.000 mm de pluviosidade) (MORFO1) (Fig. 11D) os altos valores de correlação observados nas porções sudeste, norte, central e oeste da área estão relacionados a ocorrência de apenas uma das variáveis ou a coexistência de ambas. Nos locais de menor correlação há variabilidade de apenas uma variável.

Analisando os resultados obtidos da isocorrelação e os dados originais das variáveis, percebe-se uma certa dificuldade na interpretação dos mapas de isocorrelação, pelo entendimento de como essas relações ocorrem. Em geral existem pontos de total incongruência, o que leva-nos a fazer uma análise generalizada das relações espaciais sem procurar perceber detalhes ou variações locais. Este fato pode estar relacionado à resolução espacial adotada neste trabalho, levando à certa generalização quando da definição dos sub-grupos de células.

Com relação aos resultados apresentados pelos métodos MORFO e MORFO1 é nítida a tendência que há deste segundo método em fornecer como significativas, correlações entre variáveis contíguas espacialmente, uma vez que estas apresentam correlação perfeita ou nula devido a forma de obtenção dos dados. Sendo assim, aquelas variáveis que apresentam maior número de ocorrências com correlação significativa, e que por isso foram selecionadas, são as que ocorrem com maior frequência nos diversos mapas base utilizados.

Com relação ao método MORFO, observa-se que pode haver uma relação entre a maior frequência de correlações significativas entre variáveis referentes à hipsometria e pluviometria, e a apresentação do mapa morfodinâmico, que tem seu arranjo espacial nitidamente influenciado por estes elementos do meio físico.

**Tabela 4 - Correlações entre variáveis significativas ao nível de 1% nos sub-grupos - MORFO**

SUB-GRUPO	CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS
1	7/9, 7/13, 9/13, 9/22, 12/22, 13/22
2	13/25
3	7/9
5	6/8, 7/9
6	7/9
7	1/4, 18/25
8	1/4, 1/6, 4/6, 5/19, 11/13, 16/22
9	6/16, 6/25, 16/25
10	6/8, 7/9, 7/14, 8/12, 12/14, 13/18
11	5/19, 10/11
12	5/7, 5/18, 7/18, 12/21, 14/22
13	1/6, 1/12, 1/22, 4/13, 5/19, 5/21
14	5/11, 5/16, 5/19, 7/18, 7/25, 8/21, 11/16, 11/19, 16/19, 18/25
15	7/9, 8/18, 9/18
16	8/14, 8/18, 14/18, 22/23
17	5/18, 5/23, 5/25, 11/21, 18/23, 18/25, 23/25
18	3/16, 6/19, 11/22
19	1/4, 1/13, 1/16, 3/10, 4/11, 4/13, 4/16, 11/13, 13/16
20	1/4, 1/5, 1/11, 1/19, 4/5, 4/11, 4/19, 5/11, 5/19, 6/12, 6/16, 7/18, 8/14, 11/19, 12/16
22	9/13, 9/18, 13/18
23	6/8, 7/18
24	5/11, 5/19, 7/12, 7/18, 11/19, 12/18
25	1/15, 3/10, 3/15, 3/24, 10/12, 10/24, 15/24
26	1/23, 8/15, 10/25
27	4/6, 4/11, 4/13, 5/16, 5/19, 6/11, 6/13, 6/19, 7/18, 7/21, 11/13, 11/19, 13/19, 16/19, 17/22, 18/21

**Tabela 5 - Correlação entre variáveis significativas ao nível de 1% nos sub-grupos -MORFO1**

SUB-GRUPO	CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS
1	7/8, 9/18, 9/19, 18/19, 20/22
2	6/7
3	7/8, 7/12, 8/12, 12/13, 16/17, 21/15
4	1/2, 8/9, 13/14, 13/18, 13/19, 14/18, 14/19, 18/19
5	1/2, 12/13
6	1/2, 7/8, 12/13, 20/21
7	1/6, 2/7, 4/5, 18/19
8	1/4, 5/6, 11/13, 16/17, 18/19, 21/22
9	8/21, 16/17, 19/21
10	1/2, 9/14
11	5/6, 18/19, 21/25
12	1/2, 12/13, 18/19
13	1/4, 5/6, 11/12, 16/17, 21/22
14	5/11, 5/16, 5/17, 8/13, 11/16, 11/17, 16/17, 18/19, 21/25
15	1/2, 9/18, 9/19, 18/19
16	8/9, 7/23, 8/18, 8/19, 9/18, 9/19, 18/19
17	1/2, 5/6, 5/18, 5/19, 5/21, 6/18, 6/19, 6/21, 12/13, 18/19, 18/21, 19/21
18	5/6, 11/21, 15/17, 18/19
19	1/4, 5/6, 16/17, 21/22
20	1/2, 4/5, 4/11, 5/11, 6/16, 6/17, 8/14, 13/18, 13/19, 13/25, 16/17, 5/19
21	8/9, 12/13, 18/19, 21/22
22	7/8, 13/14
23	12/13, 18/19, 21/23
24	5/11, 18/19
25	3/10, 3/15, 10/15, 10/17, 10/24, 15/17, 15/24, 23/24
26	3/4, 4/17, 4/22, 10/11, 15/17, 15/22
27	1/4, 2/7, 2/16, 2/17, 2/21, 5/6, 7/16, 7/17, 7/21, 16/17, 16/21, 17/21, 18/19, 18/22, 19/22

**Tabela 6 - Número de ocorrências de correlação entre variáveis - MORFO**

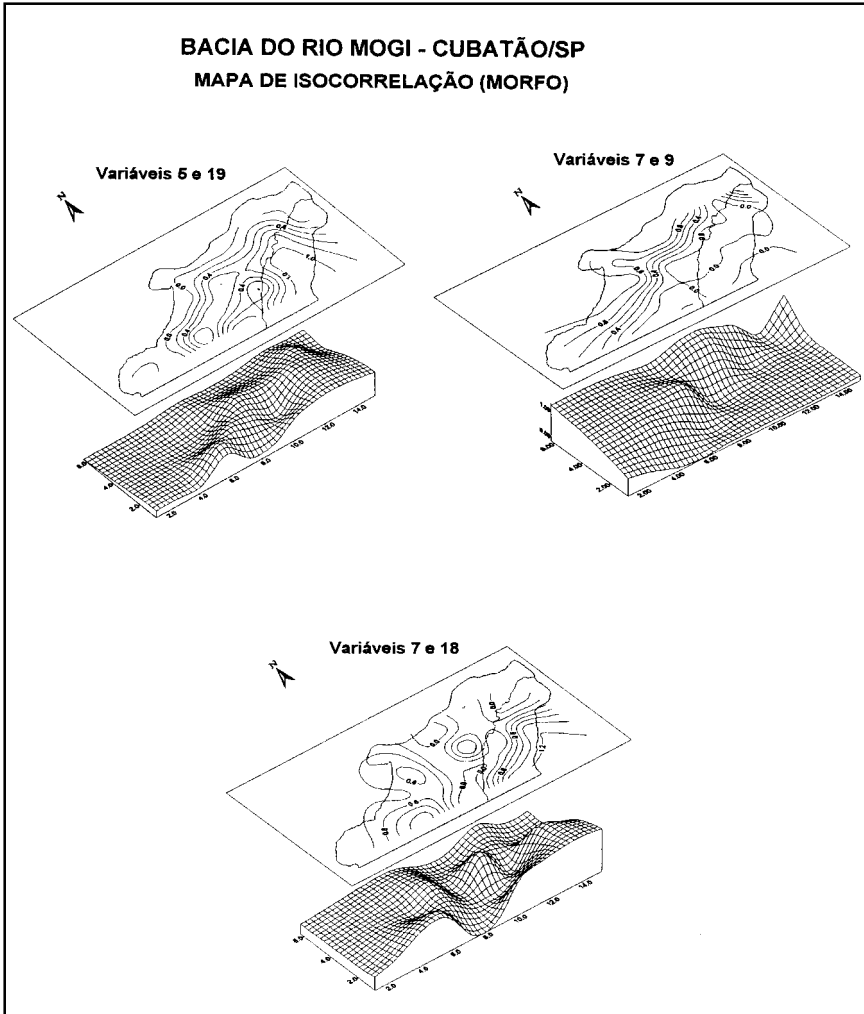
Variáveis	Ocorrências	Variáveis	Ocorrências	Variáveis	Ocorrências
7/9	6	12/21	1	1/16	1
7/13	1	14/22	1	3/10	2
9/13	2	1/12	1	4/11	3
9/22	1	1/22	1	4/16	1
12/22	1	4/13	3	13/16	1
13/22	1	5/21	1	1/5	1
13/25	1	5/11	3	1/11	1
6/8	3	7/25	1	1/19	1
1/4	4	8/21	1	4/5	1
18/25	3	11/16	1	4/19	1
1/6	2	11/19	4	6/12	1
4/6	2	16/19	2	12/16	1
5/19	6	8/18	2	7/12	1
11/13	3	9/18	2	12/18	1
16/22	1	8/14	2	1/15	1
6/16	2	14/18	1	3/24	1
6/25	1	22/23	1	10/12	1
16/25	1	5/23	1	10/24	1
7/14	1	5/25	1	15/24	1
8/12	1	11/21	1	1/123	1
12/14	1	18/23	1	4/15	1
13/18	2	23/25	1	10/25	1
10/11	1	3/16	1	5/16	1
5/7	1	6/19	2	6/11	1
5/18	2	11/22	1	6/13	1
13/19	1	17/22	1	18/21	1
7/18	6	1/13	1	7/21	1

**Tabela 7 - Número de ocorrências de correlação entre variáveis - MORFO1**

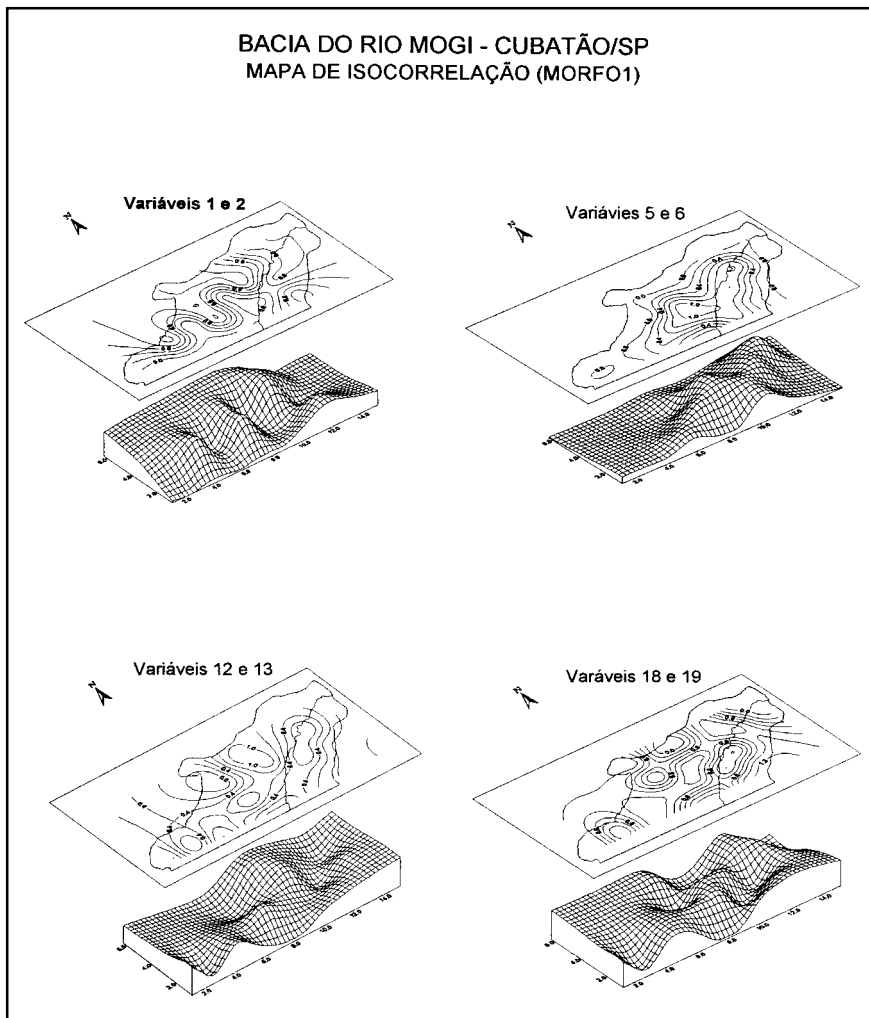
Variáveis	Ocorrências	Variáveis	Ocorrências	Variáveis	Ocorrências
7/8	4	9/14	1	3/10	1
9/18	3	11/12	1	3/15	1
9/19	3	5/11	3	10/15	1
18/19	15	5/16	1	10/17	1
20/22	1	5/17	1	10/24	1
6/7	1	8/13	1	15/17	3
7/12	1	11/16	1	15/24	1
8/12	1	11/17	1	23/24	1
12/13	6	7/23	1	3/4	1
16/17	4	8/18	1	4/17	1
21/25	3	8/19	1	4/22	1
1/2	8	5/18	1	10/11	1
8/9	3	5/19	2	15/22	1
13/14	2	5/21	1	2/16	1
13/18	2	6/18	1	2/17	1
13/19	2	6/19	1	2/21	1
14/18	1	6/21	1	7/16	1
14/19	1	12/13	1	7/17	1
20/21	1	18/21	1	7/21	1
1/6	1	11/21	1	16/21	1
2/7	1	4/5	1	17/21	1
1/4	4	4/11	1	18/22	1
5/6	7	6/16	1	19/22	1
16/17	4	6/17	1		
21/22	4	8/14	1		
8/21	1	13/25	1		
19/21	2	21/23	1		

Obs: Em destaque as correlações que foram consideradas para a elaboração dos mapas de isocorrelação.

**Fig. 10 - Mapas de isocorrelação e modelos 3D das variáveis:  
a) 5 e 19; b) 7 e 9; c) 7 e 18 (MORFO).**



**Fig. 11 - Mapas de isocorrelação e modelos 3D das variáveis:  
a) 1 e 2; b) 5 e 6; c) 12 e 13; d) 18 e 19 (MORFO 1).**



#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pode-se fazer as seguintes considerações:

- O método estatístico de análise de agrupamento (*Cluster Analysis*) apresentou bom nível de aplicação em mapeamentos que envolvam muitas variáveis, no caso de haver bom conhecimento do tema em estudo e quando não se pretende eleger variáveis mais importantes que outras para a representação espacial;
- Para obtenção de resultados mais precisos há necessidade de se trabalhar com resolução espacial melhor;
- Deve-se levar em consideração para estudos desta natureza as limitações dos programas estatísticos, salientando que aqueles destinados para ambiente WINDOWS podem possuir maior capacidade de processamento pela menor limitação de memória;
- O método de coleta MORFO mostrou-se mais eficiente e detalhado, embora de maior dificuldade de coleta. Salienta-se que este método difere da tradicional forma de representação de dados utilizada nos SIG's e pode se constituir em opção de tratamento de dados multidimensionais;
- Quando da coleta dados com o método MORFO 1, havia a impressão de que o produto gerado com o mesmo seria menos detalhado do que pelo método MORFO, entretanto a avaliação visual de ambos mostrou resultado inverso;
- A elaboração e análise de mapas de isocorrelação mostra-se útil com a disponibilidade de dados coletados com o método MORFO e pode ser de grande utilidade considerando o uso de resolução espacial melhor.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BINI, L.M., DINIZ-FILHO, J.A.F. Spectral Decompositions in cluster analysis with applications to limnological data. *Acta Limnologica Brasiliensis*, vol. VII, p. 35-40, 1995.
- CASTRO, J.F.M. *Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Temática da Morfodinâmica: o exemplo do estudo da Bacia do Rio Mogi - Cubatão/SP*. Dissertação de Mestrado, FFLCH / USP, 1993.
- CETESB Carta Morfodinâmica da Serra do Mar na Região de Cubatão - SP. *Relatório Técnico*. São Paulo, 1991.



DINIZ, J.A.F. *Geografia da Agricultura*. São Paulo: DIFEL, 1984.

GERARDI, L.H.O., SILVA, B-C.N.M. *Quantificação em Geografia*. São Paulo: DIFEL, 1981.

ROSS, J.L.S. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. Coleção Repensando a Geografia. Ed. Contexto, São Paulo, 1990.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. FIBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, 1977.