

UTILIZAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NA ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PELA IMAGEM DE SATÉLITE

Fernando L. P. Santil¹, Maria B. Trindade² e Paulo R. Curi³

RESUMO

Duas técnicas de estatística multivariada: Análises de Agrupamento e de Componentes Principais foram utilizadas para a avaliação de separabilidade entre as culturas de trigo e feijão, a partir de imagens orbitais do Sistema Landsat-5, obtidos nos municípios de Barretos e Guaira (Estado de São Paulo).

Foram utilizadas nove variáveis: CTM1, ..., CTM7- correspondem, respectivamente, aos níveis de cinza nas bandas TM1, foliar (definido como a área total de folhas por área unitária de solo); CLT - clorofila total (quantidade de clorofila a e b (mg/10g)). Os resultados permitiram concluir que a análise multivariada mostrou-se eficiente na separação das culturas. As variáveis, por ordem crescente de importância discriminatória, foram: COB, IAF, CTM4, CTM3, CTM7, CLT, CTM2, CTM1 e CTM5.

Palavras-chave: Imagem de satélite, Análise Multivariada

UTILIZATION OF MULTIVARIATE ANALYSIS FOR ANALYSE OF DATA BY SATELLITE IMAGE

SUMMARY

Two multivariate statistical analysis was applied: Cluster and Principal Components Analysis for estimate of separately between the growing of whet and bean, by orbital image of Landsat-5 system. The data are of city council Barretos and Guaira (state of São Paulo).

The nine variable was applied: CTM1, ..., CTM7-standard of cinder, respectively, TM1, ..., TM7 bands; COB - soil cover; IAF - foliar surface; CLT - total chlorophyll (a and b).

The result was concluded that multivariate analysis was efficient in the separation of growing. The variable wich most contributed to the discrimination of growing were, in crescent order of importance: COB; IAF; CTM4; CTM3; CTM7; CLT; CTM2; CTM1; CTM5.

Key-words: Satellite image, Multivariate analysis.

¹ Aluno de Pós-Graduação em Energia na Agricultura - F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu, SP

² Prof^a Ms. do Departamento de Cartografia da Faculdade de Ciência e Tecnologia - F.C.T. - UNESP - Campus de Presidente Prudente, Caixa Postal 957, CEP 19060, São Paulo, SP

³ Prof^o Titular do Serviço de Estatística e Computação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu - FMVZ - UNESP - Rubião Jr., Caixa Postal 502, CEP 18600, Botucatu, SP

UTILIZAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NA ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PELA IMAGEM DE SATÉLITE

INTRODUÇÃO

A utilização da estatística multivariada, segundo Morrison (1976) e Mardia et alii (1979) apud Humphreys (1980), se dá na medida em que mais de uma variável é obtida em um mesmo objeto ou amostra. Os dados são apresentados em várias dimensões, e o fato das observações serem originadas de um mesmo objeto ou amostra, gera dependência ou correlação entre as variáveis medidas.

Desta forma, será quase impossível que o pesquisador, ao estudar um determinado fenômeno, possa concluir, com apenas uma variável, as conseqüências ocasionadas por esta ou, muito menos, caracterizar o fenômeno estudado.

Muitas organizações nacionais e internacionais publicam, periodicamente, informações na forma de tabela multivariada. Mas, por outro lado não fazem o uso habitual da estatística multivariada. Tem-se, em tais publicações, valores puramente tabelados, desprovidos de qualquer análise à respeito dos mesmos.

Observando-se, então, esta lacuna serão utilizadas duas técnicas de estatísticas multivariada, a saber: Análise de Agrupamento e de Componentes Principais.

Segundo Curi (1992), dado um conjunto de unidades conhecidas somente por uma listagem de suas variáveis, o objetivo da análise de agrupamento é encontrar a melhor maneira de descrever o padrão de similaridades mútuas das unidades. Isto é, as unidades serão parecidas com características semelhantes ou próximas, ou, então, serão, distintas, dissemelhantes ou afastadas.

Utilizando-se a Análise de Componentes Principais, o objetivo é reduzir a dimensionalidade de um conjunto de variáveis correlacionadas. Isto é obtido, de

acordo com Jolliffe (1986) apud Humphreys (1989), através de uma transformação dos dados originais a partir da qual são gerados componentes principais, não correlacionados.

Cada componente principal gerado é uma combinação linear dos dados originais. O número de componentes principais gerados é igual ao número de variáveis contidas. Cabe salientar, conforme comentários de Curi (1982), que o 1º componente principal é aquela combinação ponderada das variáveis que carrega a máxima quantidade de variação total das variáveis originais; o 2º componente principal retém a maior porcentagem do restante dessa variação, e assim sucessivamente.

Dentre possíveis áreas de utilização da estatística multivariada, em particular, o sensoriamento remoto desponta como uma área a ser explorada. Apesar do seu emprego em processamento digital de imagens, que se utiliza de programas computacionais nos quais são empregados técnicas de estatística multivariada, estes métodos estatísticos multivariados são pouco conhecidos por profissionais da área. O sensoriamento remoto possibilita a obtenção de informações a respeito da superfície terrestre, de maneira contínua e com um recobrimento maior, obtidas por intermédio de sensores instalados a bordo de satélites. Diversas são suas áreas de aplicação. Dentre elas podemos destacar: geomorfologia, geologia, pedologia, cartografia e agricultura, sendo esta última o objeto do nosso estudo.

Na agricultura a utilização de técnicos de sensoriamento remoto nos fornece informações sobre a área plantada (identificação e mapeamento) e a produtividade de culturas agrícolas importantes na economia nacional.

Dentro deste contexto, o estudo e pesquisas realizados sobre áreas de trigo, soja, cana-de-açúcar, milho, arroz, feijão, etc., têm merecido especial apreço por parte de órgãos governamentais, tais como: Banco do Brasil e o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). A atenção do INPE não é dedicada somente ao desenvolvimento de técnicos que facilitam a identificação de tais culturas, mas também para obter previsões de safra e de área plantada, no sentido de cooperar com instituições financeiras, como o Banco do Brasil, na fiscalização de operações de crédito agrícola.

Muito embora o estudo apresentado esteja ligado à agricultura e como diversas são conotações possíveis nesta área, nós ficaremos restritos à avaliação da separabilidade entre as culturas de trigo e feijão, valendo-se das técnicas de Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados por nós utilizados foram extraídos da tese de doutorado de JOSÉ CARLOS NEVES EPIPHANIO (1988), coletados em 1986.

A área de estudo compreendeu as regiões de Barretos e Guairá, situadas no Estado de São Paulo e localizadas entre as coordenadas $20^{\circ} 15' S$ a $21^{\circ} S$, e $048^{\circ} W$ a $050^{\circ} W$. Para a região de Barretos, foram considerados os municípios

de Terra Roxa, Colina, Jaborandi, Colômbia e Barretos, além do município de Guaira.

Com relação a escolha das culturas, conforme Epiphanio (1988), foram usados critérios como: valor econômico, semelhança no cronograma de plantio e o fato das culturas usadas terem o ciclo adequado e apresentarem distribuição homogênea na região.

Na obtenção dos dados o autor utilizou imagens orbitais do sistema Landsat-5, sendo registrados os dados dos canais 1,2,3,4,5 e 7. Detalhes a respeito do sistema Landsat podem ser obtidos em Novo (1989), Epiphanio (1988), Silva (1984), Kiefer (1979) e Lintz (1976).

A tabela 1, a seguir, mostra as variáveis e as áreas de estudo (T = trigo e F = feijão) obtidas em 17/06/86, sendo consideradas 10 áreas para cada cultura. As siglas de identificação das variáveis e seus significativos são:

CTM1,, CTM7 - correspondem, respectivamente, aos níveis de cinza nas bandas TM1, TM7; COB - porcentagem de cobertura do solo; IAF - índice de área foliar (definido como a área total de folhas por área unitária de solo); CLT - clorofila total (quantidade de clorofila a e b (mg/10g).

Áreas	CTM1	CTM2	CTM3	CTM4	CTM5	CTM7	COB	IAF	CLT
1. T1	4,50	6,75	5,25	71,00	45,50	8,75	97,9	5,12	18,0
2. T2	8,75	9,50	11,50	43,50	53,75	14,50	52,4	1,91	15,22
3. T7	5,75	8,25	8,50	51,25	42,00	9,50	50,6	2,74	15,61
4. T14	7,75	9,75	11,75	50,25	41,25	10,25	49,3	0,89	14,44
5. T15	5,50	6,50	5,0	73,25	40,50	6,50	96,5	6,68	17,00
6. T22	9,50	12,0	28,50	31,50	61,75	31,25	11,1	0,27	12,73
7. T26	9,0	10,25	9,25	61,75	48,0	10,0	90,2	3,71	14,82
8. T28	6,75	7,75	6,25	82,0	44,50	6,75	96,7	5,36	17,32
9. T33	6,25	6,5	5,25	80,25	46,75	6,75	96,0	6,55	15,00
10. T43	8,50	10,0	8,25	74,75	55,5	10,5	97,9	2,05	16,28
11. F3A	9,0	11,5	20,5	43,75	58,0	22,25	19,7	0,81	10,25

Áreas	CTM1	CTM2	CTM3	CTM4	CTM5	CTM7	COB	IAF	CLT
12. F9	5,75	7,0	11,0	28,25	31,0	9,0	14,3	0,62	12,35
13. F10	6,25	7,5	17,5	22,0	31,0	13,5	4,2	0,15	8,26
14. F17	7,0	9,75	9,75	61,25	53,75	11,75	55,3	1,96	14,36
15. F18	8,35	10,5	9,0	83,0	60,0	11,75	85,8	6,64	11,39
16. F36	6,75	8,25	8,0	59,0	46,75	9,75	45,5	2,20	12,29
17. F6A	8,0	10,0	11,0	49,25	48,0	14,0	16,9	1,17	13,27
18. F40	6,75	8,0	10,75	43,75	42,0	10,0	38,1	1,58	14,40
19. F41	7,75	10,25	15,50	45,25	58,75	20,50	29,2	0,74	15,62
20. F42	8,25	11,0	16,75	31,25	46,75	18,25	21,5	0,63	10,37

Tab. 1 - Valores das variáveis obtidos para cada área de estudo (T = trigo, F = feijão)

A escolha das áreas foi baseada na disposição de informações e na disponibilidade de obter heterogeneidade das áreas de plantio. Entretanto, procurou-se observar uma homogeneidade do período de

plantio entre as culturas. A tabela 2 nos mostra esta situação.

Áreas Trigo	T1	T2	T7	T14	T15	T22	T26	T28	T33	T43
Dias	43	25	27	53	46	15	25	46	46	45

Áreas Feijão	F3A	F9	F10	F17	F18	F36	F6A	F40	F41	T42
Dias	33	24	15	40	51	43	30	34	31	25

Tab. 2 - Dias após o plantio para as áreas de trigo (T) e feijão (F)

Os dados foram obtidos em unidades diferentes e por esta razão efetuou-se uma transformação de variável para torná-los adimensionais, e com variação no intervalo de 0 a 1.

Objetivando avaliar a ação conjunta dos parâmetros - nível de cinza nas bandas 1,2,3,4,5 e 7 do TM, COB, IAF e CLT na discriminação das culturas estudadas - efetuamos análises estatísticas multivariadas de Agrupamento (Sneath & Sokal, 1973) e de Componentes Principais (Morrison, 1967). A estratégia de agrupamento utilizada foi a UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average), que permitiu obter agrupamentos seqüenciais, aglomerativos, hierárquicos, não superpostos, e expressar os resultados através de gráfico de esquema hierárquico ou dendograma. O coeficiente de semelhança utilizado foi a Distância Euclidiana Média.

A Análise de Componentes Principais foi utilizada para obter um conjunto menor de combinações lineares das variáveis originais, preservando a maior parte da informação por ela fornecida. Dessa forma, se o conjunto das variáveis originais puder ser reduzido a dois componentes principais (Y1 e Y2), será possível representar as unidades, ou seja, as 20 (vinte) áreas em um gráfico bidimensional e definir os seus prováveis agrupamentos, de acordo com as proximidades de suas localizações, além de possibilitar classificação das variáveis pela importância discriminatória na constituição dos agrupamentos.

O peso das variáveis originais em cada componente principal é dado pelo coeficiente de correlação entre a variável e o componente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da utilização da técnica de agrupamento UPGMA, foi gerado um dendograma que expressa as fusões sequenciais dos pontos que representam as culturas analisadas. Este dendograma está ilustrado na figura 1.

A transformação por componentes principais resultou em um novo conjunto de eixos, cuja representação em um espaço bidimensional é ilustrada na figura 2, juntamente com a definição dos grupos hierárquicos obtidos a partir da figura 1.

Os valores dos coeficientes de correlação entre os componentes principais (Y1 e Y2) e as variáveis originais podem ser observados na tabela 3. A partir de sua análise, percebemos que o 1º componente principal (Y1) reteve 73,13% da variância total e o 2º (Y2) 15,25 % ou seja, Y1 reteve 73,13% da informação total das nove variáveis originais e Y2 15,55% sendo que

juntos retiveram 88,68% da informação total.

A observação dos coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os componentes principais permitiram estabelecer a seguinte ordem de importância, na formação dos agrupamentos: COB, IAF, CTM4, CTM3, CTM7, CLT, CTM2, CTM1 e CTM5.

Assim, as variáveis COB, IAF e CTM4 contribuíram com a maior parte da informação para a definição dos eixos transformados, enquanto que o CTM5 foi a menos discriminatória.

Variáveis	Componentes Principais		Ordem de Importância
	Y ₁	Y ₂	
CTM1 (X ₁)	- 0,43	0,77	8º
CTM2 (X ₂)	- 0,54	0,76	7º
CTM3 (X ₃)	- 0,86	0,37	4º
CTM4 (X ₄)	0,93	0,27	3º
CTM (X ₅)	- 0,05	0,94	9º
CTM7 (X ₆)	- 0,76	0,58	6º
COB (X ₇)	0,96	0,19	1º
IAF (X ₈)	0,94	0,10	2º
CLT (X ₉)	0,68	0,03	6º
Variância	73,13	15,55	
Variância Acumulada	73,13	88,68	

Tab.3 - Coeficiente de correlação entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y1 e Y2). Porcentagem da variância retida em cada componente.

Na tabela 4 encontram-se listadas as áreas estudadas com seus números de referência e os valores dos dois primeiros

componentes principais (Y1 e Y2), dos quais resultou a figura 2.

Áreas	Y1	Y2
1. T ₁	8,54	- 1,43
2. T ₂	- 1,56	1,22
3. T ₇	0,98	2,63
4. T ₁₄	- 1,98	1,10
5. T ₁₅	10,19	1,48

6. T ₂₂	- 10,95	5,95
7. T ₂₆	4,20	2,25
8. T ₂₈	8,82	0,18
9. T ₃₃	9,91	0,29
10. T ₄₃	4,12	2,83
11. F ₃₄	- 7,52	3,55
12. F ₉	- 5,11	- 6,26
13. F ₁₀	- 8,38	- 4,99
14. F ₁₇	0,17	0,46
15. F ₁₈	7,28	4,53
16. F ₃₆	0,05	1,75
17. F _{6A}	4,44	0,68
18. F ₄₀	- 1,92	- 2,77
19. F ₄₁	5,26	1,93
20. F ₄₂	7,15	0,47

Tab. 4 - Áreas listadas com seus números de identificação e os valores dos dois primeiros componentes principais (Y1 e Y2). As letras T e F indicam trigo e feijão, respectivamente.

A análise conjunta das figuras 1 e 2 nos possibilitaram inferir a formação dos seguintes grupos:

G1: T1 (1), T15 (5), T28 (8) e T33 (9) áreas de trigo; G2: T26 (7) e T43 (10) áreas de trigo; G3: F17 (14) e F36 (16) áreas de feijão, T14 (4) e F40 (18), respectivamente, trigo e feijão e T2 (2) e T7 (3) áreas de trigo; G4: F3A (11), F6A (17), F41 (19) e F42 (20) áreas de feijão e G5: F9 (12) e F10 (13) áreas de feijão.

Ocorreram áreas isoladas que se aproximaram, como é o caso do nº 15, de G1, e outras que se distanciaram, como a nº 6, sendo que esta diferenciação traduz particularidades das áreas em questão.

O conhecimento do comportamento especial de alvos, segundo Novo (1989), não é importante somente para a extração de informações de imagens obtidas pelos sensores remotos. É, também, importante na própria definição de novos sensores, do tipo de processamento a que devem ser submetidos os dados brutos, ou mesmo da forma de aquisição dos dados (geometria de coleta de dados, frequência, altura do imageamento, resolução limite, etc.).

No que se refere às culturas agrícolas, a análise efetuada mostrou que a variável COB é de vital importância para o registro da energia (albedo, reflectância) e, conseqüentemente, pudemos perceber que a área foliar é proporcional a esta cobertura. Entretanto, a identificação do estágio de desenvolvimento ficou comprometida, pois, para isto, necessitamos de um quadro mais abrangente onde possamos dispor, entre outros tipos de dados, de informações quanto ao tipo de solo de cada área cultivada e de um período maior de acompanhamento das culturas.

Pudemos observar, ainda, que o nível de intensidade do sinal registrado pelo sensor foi alto para a banda TM4, pelo fato dela abranger a região do infravermelho próximo, e por serem estes comprimentos de onda altamente refletidos pela vegetação, em condições normais. Por analogia, as respostas captadas nesta banda podem ser diretamente relacionadas com os parâmetros COB e IAF. Ou seja, de um modo geral quanto maior o valor observado em CTM4 maiores serão os valores de COB e IAF, para uma dada área.

As informações observadas em CTM3 e CTM7 relacionam-se, respectivamente, a absorção de energia e de água para o desenvolvimento da planta

Portanto, genericamente, os valores de CLT observados são maiores para os menores valores de CTM3.

Para as bandas TM1 e TM2 observamos um comportamento similar, ou seja, apresentaram os valores de nível de cinza próximos. No entanto, a banda TM5 apresentou valores altos decorrentes da necessidade de água por parte das culturas.

Com base nas considerações anteriores, pudemos analisar os resultados observados na figura 2, na qual foi explicitado o espaço bidimensional formado pelos dois primeiros componentes principais e a configuração dos agrupamentos resultantes da técnica UPGMA, aplicada aos dados originais.

Assim, percebemos que as áreas de trigo apresentaram uma maior distribuição ao longo do 1º componente principal, sendo que sua contribuição é preferencialmente positiva. Já as áreas de feijão distribuíram-se ao logo dos dois componentes principais, e sua contribuição é negativa.

Relacionando as áreas das culturas com seu respectivo ciclo de vida (nº de dias após o plantio), pudemos observar o seguinte:

a) o grupo G1, constituído por quatro áreas de trigo (1, 5, 8 e 9), apresentou para todas as áreas um ciclo de vida entre 43 e 46 dias; uma similaridade espectral em termos de valores de cinza para as bandas 1 a 7; um grau de cobertura do solo (COB) maior que 95 % ; IAF maior que 5 e um teor de clorofila maior que 15.

b) o grupo G1, também referente ao trigo (áreas 7 e 10), mostrou uma variação em estágio de desenvolvimento (25 dias - área 7 e 45 dias - área 10); grau de cobertura maior para 10, no entanto menor IAF do que da área 7, ao contrário do que era esperado. Faltaram-nos, porém, subsídios para avaliar a causa desta anomalia.

Por outro lado, apesar da diferença nos ciclos de desenvolvimento, as duas áreas apresentaram valores de cinza bastante próximos, quando analisados para as bandas individuais, e por isto foram incluídas em um mesmo grupo.

c) a área 6, referente à cultura de trigo, apresentou um ciclo de vida de 15 dias e decorrente disto, uma baixa resposta no canal TM4, conseqüentemente, valores mais altos no canal TM3, em função da maior exposição do solo. Assim, os valores de IAF e COB são também baixos, justificando sua localização isolada no espaço bidimensional.

d) outra área isolada, a de nº 15, era de cultura de feijão com um ciclo de vida de 51 dias. Isto pode ser explicado pelo fato desta cultura ter uma "idade" bem maior que as demais áreas de feijão, o que se reflete na maior resposta de canal TM4 e maiores valores de COB e IAF. Desse modo, estes valores aproximaram esta área de G1, o que não veio ocorrer com as demais áreas de feijão

e) em relação ao grupo G4, onde foram agrupadas áreas de feijão (11, 17, 19 e 20), os estágios de desenvolvimento estão entre 25 a 33 dias; observamos que existe uma distância considerável entre estas áreas, quando da sua plotagem no espaço bidimensional. Apesar disto, e em função de uma certa similaridade espectral entre os dados nos canais TM1, TM2, TM3 e TM5, estas definiram um único grupo.

Cabe ressaltar a ocorrência de alguns valores anômalos observados quando comparados aos valores da banda TM4, de COB e IAF, em relação às áreas 17 e 19. Entretanto, os dados disponíveis não são suficientes para uma discussão mais detalhada a respeito desta ocorrência.

f) quanto ao grupo G5 (áreas 12 e 13) de trigo com, respectivamente, 24 e 15 dias de plantio, observamos que ocorre similaridade espectral entre as bandas TM1, TM2 e TM5, e as variações espectrais

refletidas nos valores de COB, IAF e CLT. A similaridade espectral, principalmente na banda TM5, possibilitou o agrupamento destas áreas.

g) finalmente, em relação ao grupo G3 observamos que foram agrupadas áreas de trigo: junto com áreas de feijão, além de uma variação considerável em termos de idade da cultura. Assim, as áreas de feijão representadas pelos números 14, 16 e 18 tiveram, respectivamente, 40, 43 e 34 dias, e suas similaridades espectrais foram refletidas nos valores das bandas individuais. As discrepâncias observadas ficaram por conta dos valores de IAF comparados com COB para as áreas 14 e 16.

As áreas de trigo incluídas neste grupo referiram-se aos números 2, 3 e 4 a, respectivamente, 25, 27 e 53 dias após o plantio. Para estas áreas pudemos perceber a ocorrência de valores bastante próximos para os parâmetros analisados, com a ressalva de que, para a área 3, o valor de IAF mostrou-se pouco consistente, quando comparado com CTM4, COB e com os valores de IAF das demais áreas.

A representação de todas estas áreas (trigo e feijão), em um único agrupamento, resultou da semelhança entre os valores dos parâmetros originais para tais áreas.

A análise conjunta das figuras 1 e 2 permitiram delinear o comportamento das culturas, em relação às técnicas utilizadas, a saber:

a) as culturas de trigo se apresentaram distribuídas ao longo do 1º componente principal;

b) as culturas de feijão foram mais heterogêneas, e se distribuíram ao longo dos dois componentes principais;

c) a área 15 (F18) com 51 dias foi a mais próxima de G1, cujo tempo médio de idade foi 45,2 dias, porém, percebemos que esta aproximação se deu

após metade do ciclo para a colheita do mesmo.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados pudemos concluir que as técnicas de estatística multivariada, especificamente a Análise de Agrupamento e de Componentes Principais, são bastante adequadas ao estudo de dados de sensoriamento remoto.

No que se refere à discriminação de culturas, no caso trigo e feijão, a conjugação destas duas técnicas mostrou-se eficiente, ocorrendo confusão apenas quando houve similaridade entre a maioria das variáveis para áreas representando culturas diferentes.

Um ressalva importante é quanto à sistemática de coleta de dados, no que se refere aos diferentes parâmetros utilizados.

Deparamo-nos com uma certa dificuldade em analisar os valores anômalos observados, principalmente, por desconhecer qual ou quais critério(s) fora(m) utilizado(s) para a definição dos valores de níveis de cinza médios para as bandas analisadas e por não apresentar informações adicionais sobre a determinação dos parâmetros COB e IAF, principalmente.

Um sugestão, para facilitar a análise, seria trabalhar separadamente com os parâmetros espectrais (bandas TM1....., TM7) e com os relacionados às condições físicas e químicas das próprias culturas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

01. CURI, Paulo R. Análise Multivariada. Botucatu, FMVZ - UNESP, 1992. 96p. (Apostila mimeo.)

02. EPIPHANIO, José C. Neves. Avaliação de dados de satélite em estudos agrônômicos de trigo e feijão. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 1988. 180p. (Tese de Doutorado)

03. HUMPHREYS, Rubens D. Aplicação de estatística multivariada no processamento digital de imagens. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VI, São Paulo, v. 1, 1990. p.135-141.
04. LILLESAND, Thomas M. & KIEFER, Ralph W. Remote Sensing and image interpretation. New York, John Wiley & Sons, 1979. 612p.
05. LINTZ JR, Joseph & SIMONETT, David S. Remote Sensing of Environment. Massachusetts, Addison-Wesley, 1976. 695p.
06. MORRISON, D. F. Multivariate statistical methods. New York, McGraw Hill, 1967. 338p.
07. NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 1989. 308p.
08. SILVA, Antonio J. F. Machado e. Sistema Landsat na Cartografia. São José dos Campos, INPE, 1984. 55p.
09. SNEATH, P. H. A. & SOKAL, R. R. Numeral taxonomy. San Francisco, W. H. Freeman, 1973. 573p.

Fig. 1 - Dendograma ilustrado das interrelações das vinte áreas estudadas, utilizando-se a Distância Euclidiana Média e algoritmo UPGMA. Delimitação dos agrupamentos formados.

Fig. 2 - Componentes Principais (Y1 e Y2) das áreas estudadas. Delimitação dos agrupamentos das áreas similares.95/08/28

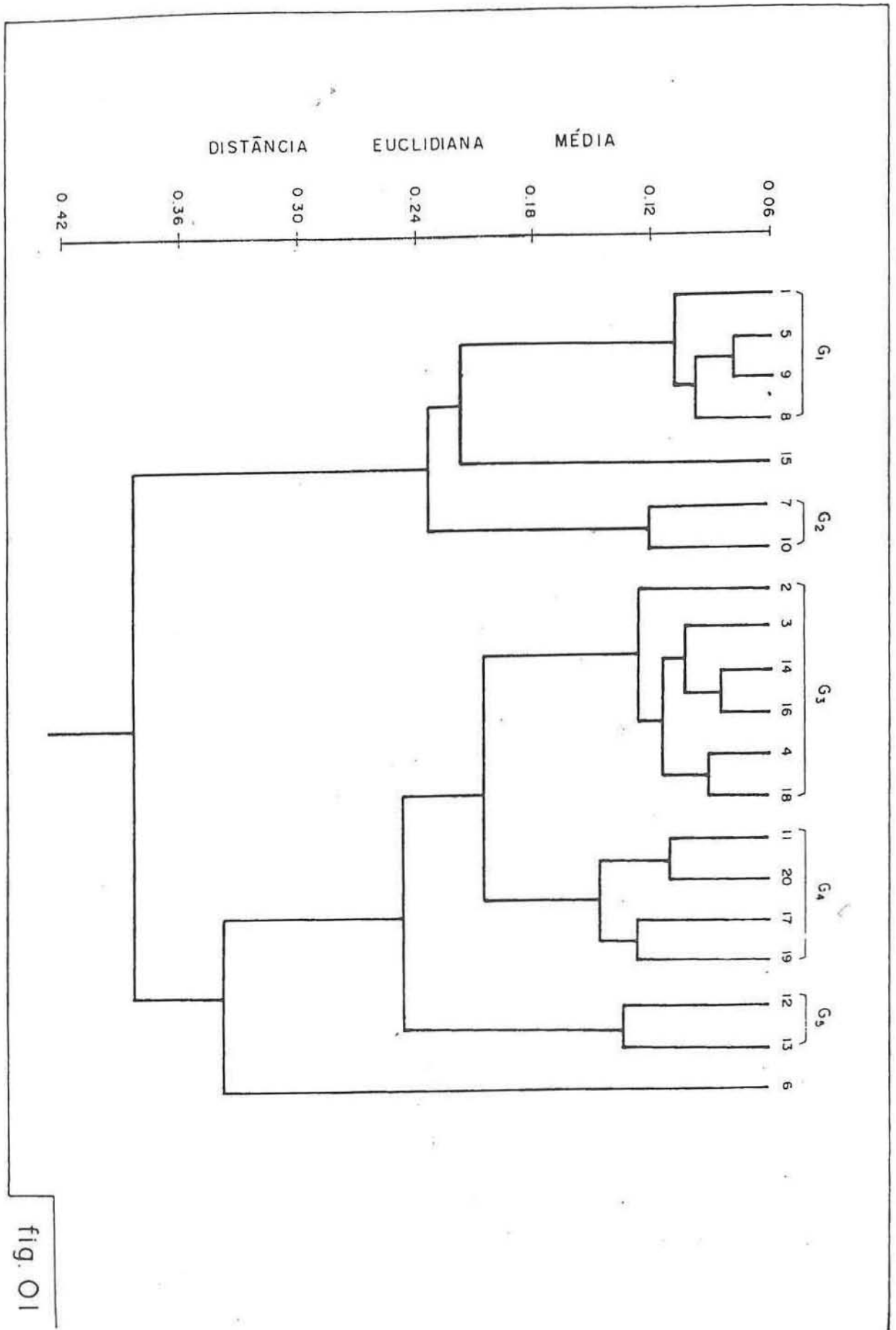


fig. 01

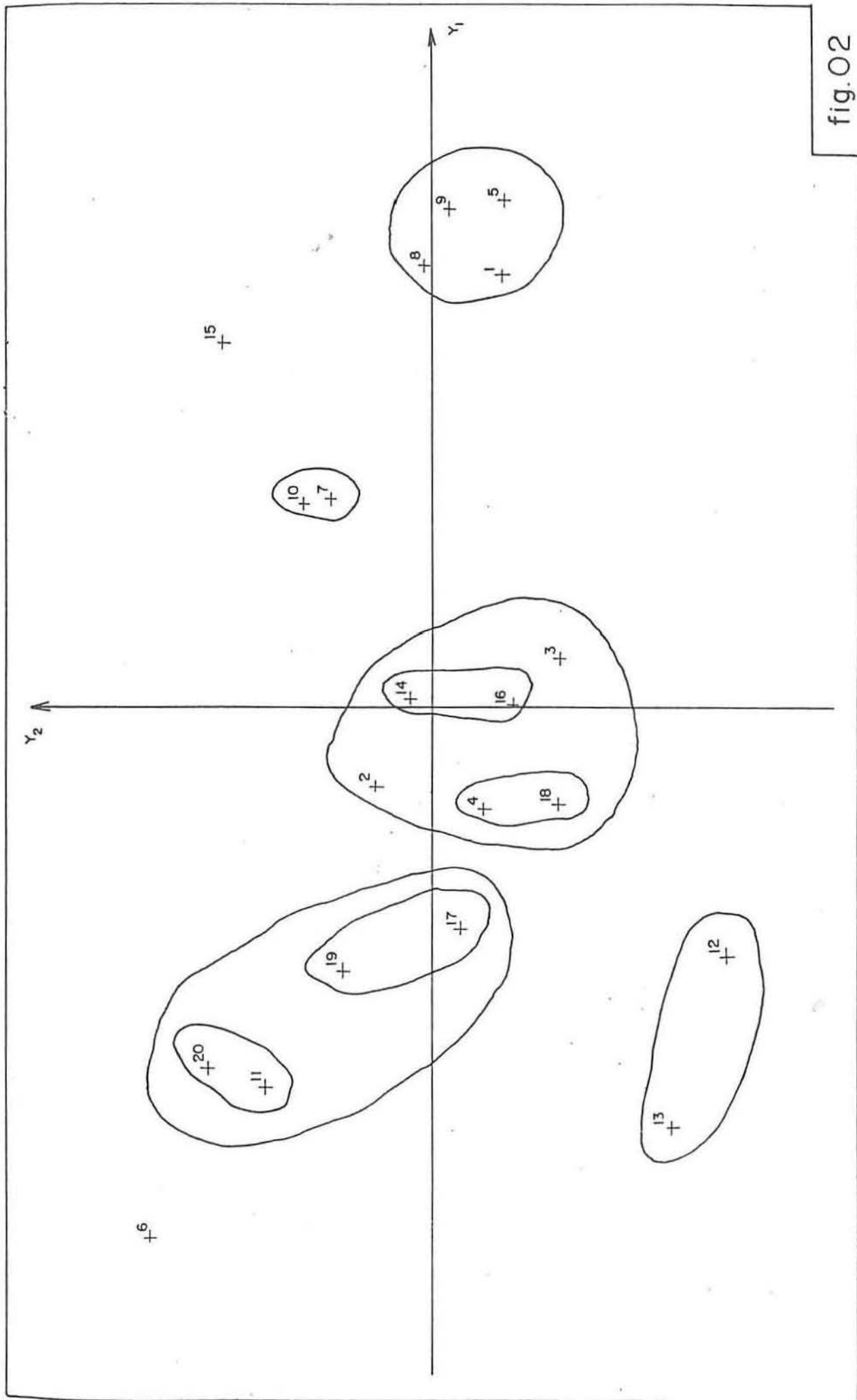


fig.02