

PARÂMETROS CULTURAIS PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA CULTURA DO CAFÉ (*coffea arabica*) EM MINAS GERAIS

TATIANA GROSSI CHQUILOFF VIEIRA¹
HELENA MARIA RAMOS ALVES¹
MARILUSA PINTO COELHO LACERDA²

¹EPAMIG- Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Caixa Postal 176 - 37200-000 - Lavras MG – Brasil
geosolos@ufla.br

²UnB - Universidade de Brasília
Caixa Postal 04508 - Asa Norte 70910 970 - Brasília –DF - Brasil
marilusa@unb.br

ABSTRACT: The work relates coffee characteristics with their spectral responses in TM/Landsat images to obtain coffee identification patterns to be used for mapping and monitoring coffee lands of Minas Gerais using remote sensing. Two pilot-areas were selected for study, Patrocínio and Machado. The field data and TM/Landsat images were treated with the geographic information system SPRING. Reflectance values, averaged from pixels taken from various coffee areas georeferenced in the field, were extracted. The reflectance and field data were correlated with a statistical programme. The results showed that due to the great complexity of the crop and the limitations imposed by the spatial resolution of TM/Landsat products, the definition of a single pattern is unlikely. Nevertheless, in the case of productive adult coffee plants in good vegetative state, the survey and monitoring of the crop can be done using TM/Landsat images, particularly in regions like Patrocínio where the landscape favours the response of the TM sensor.

Key words: coffee crop, remote sensing, TM/Landsat images, reflectance.

1. Introdução

O sensoriamento remoto pode ser entendido como o conjunto de técnicas que possibilitam a extração, à distância, de informações de alvos de interesse na superfície da terra. Isto é conseguido pela detecção, quantificação e análise da energia eletromagnética refletida, absorvida, transmitida e/ou emitida pelos alvos. A imagem de satélite é uma ferramenta que pode ser utilizada para gerar informações, que são obtidas através do comportamento espectral da cultura. As diferenças espectrais são registradas na imagem na forma de variações tonais, de cores ou de densidade. Os sensores remotos buscam detectar e mostrar as diferenças em tonalidades ou cor entre um objeto e o ambiente em que se encontram (Valério Filho, 1996).

Segundo Leonardi (1990), o sensoriamento remoto é um meio potencial para a aquisição de informações relativas à cafeicultura, devido ao seu carácter multiespectral, repetitividade no tempo e espaço e relativo baixo custo, quando comparado à fotografia aérea. A cultura do café, contudo, apresenta características típicas da complexidade para culturas perenes. Em termos de observações por sensores remotos o café é muito heterogêneo, pois apresenta variabilidade em todos parâmetros culturais que influenciam a resposta espectral (Epiphanyo *et al.*, 1994).

As culturas agrícolas variam em termos de complexidade espectral e trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar a relação existente entre variáveis agrônômicas e respostas espectrais. A resposta espectral do dossel de uma cultura pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: umidade, vigor vegetativo, cobertura vegetal do substrato, tipo de solo,

topografia, espaçamento da cultura, variedade, idade da planta e culturas intercalares, entre outros.

No caso de culturas perenes, a reflectância registrada num dado pixel é proveniente não só da planta em si, mas também de fatores ligados ao substrato e à geometria do sombreamento. O desenvolvimento destas plantas geralmente leva mais tempo e outros fatores como solo, a sistemática de uso de implementos agrícolas, o sombreamento dentro e entre fileiras e as características sazonais da cultura tornam-se importantes.

Culturas plantadas em fileiras representam uma cena complexa consistindo de vegetação e solo exposto, com proporções captadas pelo sensor variando sazonalmente com o crescimento da cultura. Neste caso, a presença de sombras provocadas pelas plantas em fileiras sobre a superfície do solo ou sobre outras fileiras torna-se um fator importante na radiação do dossel (Ranson et al., 1984).

Covre (1989) estudou a relação entre alguns parâmetros culturais de citros (cobertura do terreno por árvores de citros, tipo de solo, orientação das fileiras de plantio, declividade, orientação de declive, altura das árvores de citros, substrato e uniformidade do talhão) e a reflectância espectral obtida a partir da transformação dos níveis de cinza da imagem TM/Landsat – 5. O autor explica que o relacionamento não coerente entre porcentagem de cobertura do terreno com árvores de citros e reflectância na banda TM4 se deve sobretudo ao aumento de sombras que acompanha o aumento de cobertura do talhão pelas árvores de citros, em função dos espaçamentos empregados e distribuição dos pomares. Segundo o autor, o aumento de sombras anula o efeito do aumento a fitomassa na reflectância para esta banda. Quanto ao parâmetro tipo de solo, observou reflectâncias maiores para o solo LE (Latossolo Vermelho Escuro) que para o solo LV (Latossolo Vermelho Amarelo), nas bandas TM3, TM5 e TM7.

Neste trabalho foram avaliadas algumas variáveis culturais e ambientais do cafeeiro e a resposta espectral de talhões de café levantados e georreferenciados no campo, utilizando imagens TM/Landsat 5, bandas 3, 4 e 5 e o software SPRING do INPE. O objetivo do trabalho foi estabelecer a correlação entre as variáveis culturais selecionadas e suas respostas espectrais, para a obtenção de padrões de identificação da cultura cafeeira em imagens Landsat.

2. Material e Métodos

Foram selecionadas duas áreas de estudo de 520 km², localizadas nas regiões de Patrocínio, representativa da região de Alto Paranaíba e Machado, representativa da região Sul de Minas. Estas áreas representam duas das maiores regiões produtoras do estado e encontram-se em ambientes diferenciados e possuem histórico da cultura cafeeira nas respectivas cooperativas regionais, cujas informações eram necessárias ao desenvolvimento do trabalho. As duas áreas-piloto foram selecionadas a partir de investigações prévias sobre as áreas de cafeicultura que mais representassem as regiões produtoras em questão, ou seja região do Alto Paranaíba (Patrocínio), com áreas de altiplano com altitudes de 820 a 1100 m, clima ameno, sujeito a geadas de baixa intensidade, moderada deficiência hídrica, relevo plano, suave ondulado a ondulado, predomínio de Latossolos, possibilidade de produção de bebidas finas, de corpo mais acentuado e sistemas de produção de alto nível tecnológico. Na região Sul de Minas (Machado), áreas elevadas, com altitudes de 780 a 1260 m, clima ameno, sujeito a geadas, moderada deficiência hídrica, relevo suave ondulado à forte ondulado, predomínio de Latossolos e solos com B textural, possibilidade de produção de bebidas finas, sistemas de produção de médio a alto nível tecnológico. A área-piloto de Patrocínio foi delimitada pelas coordenadas UTM 278 Km e 304 Km W e 7.942 Km e 7.922 Km S, englobando porções das

cartas topográficas do Ministério do Exército, em escala 1:100.000 de Patos e Monte Carmelo. A área-piloto de Machado foi delimitada pelas coordenadas UTM 392 Km e 418 Km W e 7.620 Km e 7.600 Km S, ocupando porções das folhas topográficas do IBGE, escala 1:50.000, de Machado e Campestre.

Foram utilizadas imagens TM/Landsat 5 em formato digital, referentes às orbitas 220/73 (Patrocínio) e 219/75 (Machado), para as bandas 3, 4 e 5, de 1999 da época (abril-junho) correspondentes ao estágio mais vigoroso do café e coincidentes com o período no qual foram realizados os levantamentos de campo. A banda 3, que está entre os comprimentos de onda 0,63 e 0,69 μm , tem sensibilidade para vegetação verde, densa e uniforme. Apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação (solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (campo, cerrado e floresta). Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. A banda 4 que está entre os comprimentos de onda 0,76-0,90 μm , permite que a vegetação verde densa e uniforme reflita muita energia aparecendo bem clara sendo portanto a mais recomendada para estudos de resposta espectral de áreas vegetadas. Esta banda apresenta bom contraste entre solo e corpos d'água, permitindo o mapeamento de rios de grande porte, lagos, lagoas, reservatórios e áreas úmidas, morfologia do terreno, vegetação que foi queimada, geologia e geomorfologia, macrófitas aquáticas (por exemplo, aguapé). Banda muito sensível à absorção da radiação eletromagnética pelos óxidos de ferro e titânio, muito comuns nos solos tropicais muito interperizados. A banda 5 que está entre os comprimentos de onda 1,55-1,75 μm e permite observar o teor de umidade nas plantas e detectar possíveis estresses na vegetação causados por falta de água. Utilizada também para obter informações sobre a umidade do solo, no entanto, pode sofrer perturbações se ocorrerem chuvas um pouco antes da cena ser imageada pelo satélite.

A escolha da região de estudo exerce um papel decisivo no desenvolvimento e resultados do trabalho. Algumas das características da área, desejáveis ao presente estudo são: sistemas de plantios, tratos culturais e cultivares representativos daqueles existentes hoje no Brasil; variabilidade quanto à idade, à declividade e quanto à orientação de declive; tamanho de talhões compatível com a resolução do sistema sensor TM/Landsat (< 1 ha); facilidade de acesso; extensão suficiente à obtenção do número adequado de amostras.

Ao todo foram levantados 75 talhões de café, que foram devidamente georreferenciados com o GPS Garmin 12. Em Machado, em função da grande variação nas condições de relevo, dos sistemas de plantio e manejo do café e do menor tamanho dos talhões, foi necessária a coleta de amostras em várias fazendas para que se pudesse representar melhor a região. Já em Patrocínio, dado às condições mais homogêneas tanto do relevo quanto dos tratos culturais das lavouras, amostragem foi realizada em apenas uma fazenda, que apresentava todas as variáveis importantes para representar a região, perfazendo um total de 1000 ha, distribuídos em seus 22 talhões diferenciados.

As variáveis levantadas nas campanhas de campo, realizadas no período de maior vigor vegetativo do café (abril a junho), foram: área do talhão, idade, altura ou porte, diâmetro médio das plantas, ano de poda, percentagem de cobertura do terreno por plantas de café, tipo e percentagem de cobertura vegetal ao longo das ruas, cultivar, densidade populacional, espaçamento entre covas e entre linhas, vigor vegetativo, produção média, declividade, quadrante ou orientação do declive e tipo de solo.

Dentre as variáveis acima citadas, algumas foram selecionadas para o trabalho de análise estatística, conforme listado abaixo:

1. Porte (PORTE): média da altura das plantas do talhão em metros;

2. Densidade de plantas (DENS): número de plantas por hectare;
3. Vigor vegetativo (VIGORVEG): avaliação feita no campo por meio de notas variando de 1 para vigor mínimo e 10 para o máximo vigor;
4. Diâmetro médio das plantas (DIAM): diâmetro médio das plantas do talhão em metros;
5. Produção média (PRODMED): valor médio em litros de café cereja por cova
6. Percentagem de cobertura do terreno por plantas de café (COBCAFE): valor calculado em função do diâmetro médio e espaçamento empregado;
7. Declividade da encosta (DECLIV): declividade da vertente medida por clinômetro em porcentagem.

Os dados levantados foram organizados em planilhas eletrônicas e inseridos em bancos de dados digitais criados para cada uma das áreas-piloto por meio do sistema de informação geográfica SPRING. As imagens foram tratadas por meio do módulo Imagens do SPRING, seguindo as etapas de registro, correção atmosférica e do ângulo de elevação solar e obtenção dos valores de reflectância dos talhões amostrados. Os valores de reflectância foram extraídos da imagem, através do módulo para leitura de pixels, para cada uma das bandas analisadas, ou seja, bandas 3, 4 e 5. Os dados de reflectância extraídos correspondem às tonalidades de cinza do pixel analisado, que variam de 0 a 255. O valor utilizado foi obtido por meio da média aritmética dos valores individuais de todos os pixels de cada um dos talhões de café avaliados. Para se obter estes valores são usadas as seguinte formulas, de transformação para radiância e posteriormente a de transformação para reflectância que são elas respectivamente:

Onde:

$$L = \left(\frac{VD_i}{VD_{\max}} \right) \cdot (L_{\max i} - L_{\min i}) + L_{\min i}$$

I = banda;

VD_i = valor digital do pixel, na banda i;

VD_{\max} = valor digital máximo gravado;

$L_{\max i}$ = radiância máxima registrada pelo detector, na banda i;

$L_{\min i}$ = radiância mínima registrada pelo detector, na banda i;

$$R = \frac{L \cdot p \cdot D^2}{E_i \cdot \cos \alpha}$$

Onde:

L = radiância;

D = distância Sol-Terra;

E = irradiância no topo da atmosfera;

I = banda;

α = ângulo zenital solar.

Estes dados foram posteriormente transformados em porcentagem e anexados às planilhas eletrônicas para as análises estatísticas.

Tendo em vista a natureza dos dados, que incluíam um grande número de variáveis não controladas, obtidos diretamente do levantamento de campo, realizou-se análises de regressão múltipla, tentando-se modelos, como stepwise e backward, separando os dados por fazendas, por ambiente geomorfopedológico e por fim por região produtora, ou seja Alto Paranaíba e Sul de Minas.

Posteriormente foi realizada uma análise de consistência do banco de dados, por meio de análises de frequência, médias, mínimos e máximos. Os resultados mostraram-se satisfatórios para dar prosseguimento aos procedimentos analíticos, que foram realizados por meio do software SAS (Statistical Analyses System).

Prosseguiu-se com as análises de correlação linear de todas as variáveis medidas no campo com a reflectância medida nas bandas 3, 4 e 5, todas as variáveis levantadas foram consideradas. Posteriormente foram feitas as correlações entre as variáveis em questão e as variáveis com a banda 4 que é a banda responsável pela resposta espectral da vegetação e que correlacionou melhor com as variáveis.

Numa segunda etapa, considerou-se apenas aquelas que apresentavam maiores coeficientes de correlação e/ou menores níveis de significância.. Como a variável cobcafé foi a que mostrou melhores correlações com todas as outras variáveis e principalmente com a banda 4 (nível de significância 0,0001 / coeficiente de correlação 0,44753), definiu-se que cafés com cobertura abaixo de 50% e acima de 50% seriam correlacionados separadamente no intuito de colocar os dados mais homogêneos. Como a resposta espectral depende muito das condições de relevo também os dados foram analisados em dois grupos: talhões localizados em vertentes com declividade maior que 15% e menor ou igual a 15%. Com isso foi feito a consistência para os mesmos e então feita a correlação dos mesmos

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação da resposta espectral dos cafezais

No caso dos cafezais avaliados, os valores de reflectância na banda 3 são baixos, da ordem de 3%, naqueles que apresentam características que isoladamente ou combinadas condicionam porcentagem de cobertura do substrato por café maior que 50%, tais como idade (4-5 anos), porte (maior que 2 m), vigor vegetativo bom a ótimo e espaçamento de plantio mais adensado, entre outros. Estas características referem-se aos cafezais formados e em bom estado produtivo. Nos cafezais em formação, a porcentagem de cobertura do substrato por café é geralmente menor que 50% e a resposta espectral combinada do substrato é significativa, influenciando os valores de reflectância na banda 3, que serão portanto mais altos, atingindo 15%. Isto explica-se pelo fato de que na banda 3, localizada na faixa visível do espectro eletromagnético, no intervalo espectral de 0,63 a 0,69 μm , a vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação, tais como solo exposto, estradas e áreas urbanas.

Os resultados de reflectância obtidos na banda 4, mostram valores mais altos, atingindo 35-40% para os cafezais formados e em bom estado produtivo. Nos cafezais em formação, dada a grande proporção de exposição do substrato, os valores de reflectância são mais baixos, da ordem de 20-25%. A banda 4, que compreende uma faixa do Infravermelho Próximo do espectro eletromagnético, no intervalo espectral de 0,76 a 0,90 μm , permite que a vegetação verde, densa e uniforme, reflita muita energia aparecendo bem clara, sendo portanto a mais recomendada para estudos de resposta espectral de áreas vegetadas

Os dados analisados, mostraram que a banda 5 (delimitada por 1,55 e 1,75 μm , localizando-se na faixa do espectro eletromagnético do Infravermelho Médio) refletiu mais a condição de umidade do solo e indiretamente o tipo de solo, por meio da sua maior ou menor capacidade de retenção de água. Sendo assim os valores de reflectância foram mais altos nos cafezais em formação, com grande exposição do substrato (até 90%), atingindo valores de 28%. Nas áreas onde o solo tem grande capacidade de retenção de água, tais como os

Latossolos, os valores de reflectância são mais baixos, em função da absorção da água nesta banda.

3.2 Resultados da análise estatística

Tendo em vista o objetivo do trabalho de analisar áreas cafeeiras e as características acima ressaltadas, serão apresentados as análises realizadas para a banda 4.

A **Tabela 1** apresenta os resultados de **análise descritiva** de todos os dados coletados nas campanhas de campo, referentes às variáveis culturais dos cafezais avaliados e seus respectivos valores médios de reflectância na banda 4. Estes resultados confirmaram a consistência dos dados, garantindo confiabilidade para realização das análises estatísticas seguintes.

Tabela 1 - Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão dos dados coletados referentes aos 75 talhões de café amostrados no campo.

	REFB4* (%)	PORTE (m)	DENS (plantas/ha)	VIGORVEG**	DIAM (m)	PRODMED (L/cova)	COBCAFE (%)	DECLIV (%)
Valor Médio	30.05	2.44	4305	8.1	1.99	3.64	59.87	10.40
Desvio Padrão	4.68	0.99	3140	1.18	0.99	3.25	28.34	11.10
Valor Mínimo	16.86	0.8	1000	5.0	0.28	0	10.0	1.0
Valor Máximo	43.14	5.0	13333	10.0	5.0	12.0	100.0	70.0

* valores médios de reflectância na banda 4.

** índice de 1 a 10, conforme avaliação de campo.

Foram realizadas análises estatísticas lineares, avaliando-se o coeficiente de correlação linear e o nível de significância das variáveis coletadas e selecionadas conforme apresentado na **Tabela 2**. A primeira análise foi realizada para todos os dados em conjunto. Os resultados mostram que dentre as variáveis analisadas, a que mostrou nível de significância mais baixo (0,01%) foi a variável COBCAFE, apesar da baixa correlação, que provavelmente reflete à natureza dos dados, conforme já comentado. Este resultado está coerente para a resposta esperada na banda 4, pois a variável COBCAFE é uma variável que inclui na sua resposta o somatório dos efeitos de porte, densidade de plantas, diâmetro e vigor vegetativo e indiretamente, a produção média. Pode-se concluir, portanto, que ela é a variável mais indicada para avaliação da resposta espectral dos cafezais em estudos de sensoriamento remoto. Desta forma, quanto maior a cobertura do terreno por plantas de café, maior será sua resposta espectral na banda 4, devido a estas características foi realizado análises com cobertura de café (COBCAFE) menor 50% e maior 50% individualizando, assim os dados em dois grupos distintos para uma melhor análise, podendo ser utilizado para a identificação e o levantamento de áreas ocupadas pela cultura cafeeira em imagens TMLandsat.

A declividade do terreno, apesar de não apresentar correlação significativa com a REFB4, é uma variável que interfere na resposta espectral por imageamento orbital, conforme muitas pesquisas em sensoriamento remoto tem mostrado. A topografia do terreno pode influenciar a resposta espectral de uma dada superfície (Strahler et al., 1978 Justice et al., 1981; Stohr e West, 1985). O efeito topográfico sobre a reflectância é definido como a variação na resposta espectral de uma superfície inclinada, comparada à resposta espectral de uma superfície horizontal; e é função da orientação da superfície em relação à fonte de luz e posição do sensor (Holben e Justice, 1981). Assim sendo, realizou a análise estatística individualizando-

se os dados em dois grupos; um com talhões de declividades maiores que 15% e o outro com talhões de declividades menores ou iguais a 15%, separando-se os cafezais em condições de relevo plano a suave ondulado daqueles em relevo ondulado a montanhoso. Os dados apresentados na **Tabela 2** mostram que em condições de relevo plano a suave ondulado (declividade $\leq 15\%$), a resposta espectral na banda 4 (REFB4) foi mais significativa (níveis de significância menor) do que nas condições de declividade $> 15\%$, corroborando com os autores.

Juntamente com a COBCAFE, no grupo de amostras de declividade $\leq 15\%$, outras variáveis, tais como porte, diâmetro e produção média, apresentaram, também, os menores níveis de significância.

Tabela 2 - Análises estatísticas entre a resposta espectral da banda 4 (REFB4) com as variáveis culturais do café (r = coeficiente de correlação linear; α = nível de significância)

REFB4	PORTE	DENS	VIGORVEG	DIAM	PRODMED	COBCAFE	DECLIV
R	0.12	0.13	-0.01	0.17	0.22	0.45	0.10
a	0.31	0.25	0.93	0.15	0.05	0.0001	0.40
DECLIV > 15%							
R	-0.37	0.38	-0.16	-0.01	-0.06	0.61	-0.03
a	0.22	0.19	0.59	0.97	0.85	0.02	0.93
DECLIV $\leq 15\%$							
R	0.21	0.15	0.05	0.20	0.30	0.43	0.09
a	0.10	0.23	0.72	0.12	0.01	0.0004	0.48
COBCAFE > 50%							
R	-0.29	0.13	-0.10	-0.20	0.05	0.25	0.13
a	0.04	0.38	0.49	0.16	0.75	0.07	0.35
COBCAFE < 50%							
R	0.54	-0.42	-0.21	0.59	0.43	0.61	0.15
a	0.005	0.04	0.32	0.002	0.03	0.001	0.48

4. Conclusões

- Os resultados obtidos mostram que a cultura cafeeira apresenta resposta espectral bastante complexa, em função das diversas variáveis que envolvem a caracterização da mesma.
- O estudo estatístico mostrou que dentre as variáveis avaliadas, a que apresentou melhor resposta em relação à reflectância medida na banda 4 foi a COBCAFE, que corresponde a porcentagem da área ocupada por plantas de café. Esta, por si só, reflete os efeitos de outras variáveis culturais do café, tais como porte, diâmetro, densidade, vigor vegetativo e produção média. Sendo assim, recomenda-se o uso de imagens de satélite TM/Landsat em lavouras onde a cobertura por café seja maior que 50%.
- O relevo também exerce grande influência na resposta espectral do cafeeiro, recomendando-se, portanto, que estudos de identificação de áreas cafeeiras por sensoriamento remoto, sejam preferencialmente realizados em áreas de relevos planos a suave ondulados.
- A resposta espectral composta em cafezais formados e em bom estado produtivo permite o levantamento e monitoramento dos mesmos em imagens TM/Landsat, particularmente em regiões onde o imageamento orbital é beneficiado, ou seja: regiões de relevo suave, condições atmosféricas ideais, áreas contíguas de grandes dimensões ocupadas pela cafeicultura; condições estas que ocorrem na região de Patrocínio. Nas

demais regiões, é aconselhável a associação de produtos de sensores remotos de maior resolução espacial, como por exemplo a imagem IKONOS, que apresenta uma resolução espacial de até 1 x 1 metro.

Referências Bibliográficas

- Covre, M. Influência de parâmetros culturais de citrus sobre os dados TM/Landsat. São José dos Campos, INPE, 1989. 241p. (INPE –4856- TDL/367) .
- Epiphânio, J. C. N.; Leonardi, L.; Formaggio, A. R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais . **Pesq. agropec. bras.**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 439-447, 1994.
- Leonardi, L. **Influência de parâmetros culturais de cafezais sobre os dados TM/Landsat-5**. São José dos Campos, INPE, 1990. 141p. (Dissertação de Mestrado).
- Ranson, K. J.; Biehl, L. L.; Bauer, M. E. **Variation in spectral response of soybeans with respect to illumination, view, and canopy geometry**. West Lafayette, IN. LARS, 1984. 27p. (LARS TR-073184).
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT[®]: user's guide: North Carolina, 1999.
- Valerio Filho, M.; Pinto, S.A.F. Imagens orbitais aplicadas ao levantamento de dados do meio físico: Contribuição ao planejamento de microbacias hidrográficas. In: Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 8, Londrina, 1996. **Anais...** Londrina, 1996. P. 77-94.