

Mapeamento da Distribuição Espacial de Plantas Daninhas na Cultura da Soja por meio de Sensoriamento Remoto





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1676-918X

Abril, 2005

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 147

Mapeamento da Distribuição Espacial de Plantas Daninhas na Cultura de Soja por meio de Sensoriamento Remoto

Marina de Fátima Vilela
José Roberto Antoniol Fontes
Luciano Shozo Shiratsuchi

Planaltina, DF
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Hozana Álvares de Oliveira*

Tratamento de ilustrações: *Wellington Cavalcanti*

Capa: *Marina de Fátima Vilela*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*
Jaime Arbués Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2005): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.

Embrapa Cerrados.

V699m Vilela, Marina de Fátima.

Mapeamento da distribuição espacial de plantas daninhas na cultura de soja por meio de sensoriamento remoto / Marina de Fátima Vilela, José Roberto Antoniol Fontes, Luciano Shozo Shiratsuchi. — Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2005.

26 p.— (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 147)

1. Sensoriamento remoto. 2. Soja. 3. Planta daninha. I. Fontes, José Roberto Antoniol. II. Shiratsuchi, Luciano Shozo. III. Título. IV. Série.

621.3678 - CDD 21

© Embrapa 2005

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Descrição da área	9
Obtenção das fotografias aéreas não convencionais	9
Coleta de dados de referência	11
Mapeamento da distribuição e de níveis de infestação por plantas daninhas	12
Filtragem espacial	12
Cálculo da exatidão da classificação	12
Resultados e Discussão	13
Dados de referência	13
Distribuição e níveis de infestação por plantas daninhas	13
Exatidão da classificação	21
Conclusão	23
Referências	23
Anexo 1	26

Mapeamento da Distribuição Espacial de Plantas Daninhas na Cultura de Soja por meio de Sensoriamento Remoto

Marina de Fátima Vilela¹

José Roberto Antoniol Fontes²

Luciano Shozo Shiratsuchi³

Resumo - Não existe, atualmente, maneira prática e rápida de geração de mapas de distribuição espacial de plantas daninhas para aplicação localizada de herbicida, e o emprego de fotografias aéreas não convencionais com esse fim tem sido discutido. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de fotografias aéreas não convencionais para mapear a distribuição e o nível de infestação por plantas daninhas, visando ao manejo localizado. As fotografias aéreas, obtidas a uma altitude de vôo média de 300 metros, possibilitaram a confecção de um mosaico aerofotogramétrico que foi posteriormente georreferenciado e classificado, gerando um mapa de distribuição e de níveis de infestação por plantas daninhas. Esse mapa foi comparado aos dados de referência, coletados na área utilizando-se de uma grade amostral regular de 50 x 50 metros. Os índices Kappa e Exatidão Global para a classificação gerada foram de 48,04% e 70,90%, respectivamente, com erros de comissão e omissão variando de 0,20 a 0,50. Os índices de exatidão foram influenciados, sobretudo, pelo erro de posicionamento do receptor GPS e pelo deslocamento radial da fotografia. Os resultados parciais e a possibilidade de aperfeiçoamento da metodologia empregada sugerem que fotografias aéreas não convencionais podem constituir boa base de dados para a geração de mapas de distribuição espacial e de níveis de infestação por plantas daninhas.

Termos para indexação: levantamento florístico, fotografias aéreas, classificação digital, índice kappa, exatidão global.

¹ Eng. Florest., D.Sc., Embrapa Cerrados, marina@cpac.embrapa.br

² Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa Cerrados, roberto@cpac.embrapa.br

³ Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Cerrados, shozo@cpac.embrapa.br

Mapping Weed Spatial Distribution in Soybean's Production Fields Using Remote Sensing

Abstract - Nowadays it doesn't exist a practical weed mapping system with the objective of patch spraying in a skilled time and the use of non conventional aerial photography are discussed with this purpose. The objective of this study was evaluating the use of non conventional aerial photography to map weed patches infestation level for localized weed management. The aerial photography taken at 300 meters height originated a mosaic. The mosaic was georeferenced and classified resulting in a weed infestation map. This map was compared to the reference ground data surveyed using a regular grid sampling of 50 x 50 meters. The Kappa index and Global Accuracy for this map were 48,04% and 70,90%, respectively. The commission and omission errors varied from 0,2 to 0,5. The accuracy indexes were susceptible to accuracy GPS receiver and the radial photography deviation. The partial results and the improvement of methodology employed suggest that aerial photographs can constitute a database for the weed map generation.

Index terms: Weed survey, aerial photography, digital classification, kappa index, global accuracy index.

Introdução

A distribuição espacial de plantas daninhas em áreas agrícolas é heterogênea, podendo ocorrer em agregados ou em reboleiras ([GERHARDS et al., 1997](#); [LAMB; BROWN, 2000](#)). Esses agregados podem apresentar tamanho, forma e densidade variados, características importantes do ponto de vista de manejo ([JOHNSON et al., 1995](#)). Uma das implicações decorrentes dessa característica de distribuição espacial é a possibilidade de realizar a aplicação localizada de herbicidas que poderá permitir a redução da quantidade desses produtos sem comprometer a eficácia de controle das plantas daninhas e, em alguns casos, até mesmo aumentá-la ([BROWN; STECKLER, 1995](#); [LAMB; WEEDON, 1998](#)).

Inúmeros pulverizadores autopropelidos, equipados com sensores e controladores, estão disponíveis no mercado. Entre estes, alguns podem efetuar a leitura digital de mapas e regular a dose e misturas de herbicidas de acordo com a infestação das plantas daninhas no espaço. Todavia, até o momento, não existe uma forma prática de se confeccionar mapas de controle em tempo hábil para a tomada de decisão ([TIAN et al., 1999](#); [ANTUNIASSI, 2000](#)).

Nos últimos anos, instrumentos e técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizados para mapear áreas infestadas por plantas daninhas ([EVERITT et al., 1992](#); [BROWN; STECKLER, 1993](#); [BROWN et al., 1994](#); [CHANG et al., 2004](#); [KOGER et al., 2004](#)), entre as técnicas, cita-se o uso de fotografias aéreas ([LAMB; BROWN, 2000](#)).

Fotografias aéreas que apresentam alta resolução espectral e espacial apresentam, também, distorções relacionadas à projeção cônica, ao posicionamento da aeronave e ao relevo da superfície terrestre.

A projeção cônica de fotografias, na qual todos os raios projetantes se interceptam em um ponto, promove um deslocamento radial do centro para as extremidades de fotografias verticais.

Essas projeções, aliada às diferenças do relevo, promovem deslocamentos ainda maiores em fotografias aéreas; como consequência, os objetos não aparecem na fotografia em suas posições reais, acarretando variações de escala, fato particularmente grave em áreas montanhosas ([CARVER, 1988](#)).

Alterações no posicionamento da aeronave podem provocar deriva de vôo resultando em falhas na cobertura fotográfica da superfície. Outro problema

relacionado ao posicionamento refere-se ao desnivelamento da aeronave e da câmara fotográfica, com conseqüente inclinação do eixo ótico, promovendo grandes deslocamentos radiais e dificultando a obtenção de fotografias verticais.

As inúmeras distorções a que fotografias aéreas estão sujeitas, somam-se os erros decorrentes dos procedimentos de georreferenciamento e de classificação. A exemplo da classificação de imagens de satélites, é necessário saber a exatidão da imagem classificada e do mapa gerado.

A forma mais comum de expressar a precisão de mapas é obter a porcentagem da área corretamente mapeada pela comparação com os dados de referência ou verdade de campo. A relação entre os dois planos de informação é comumente resumida em uma matriz de erros ([JENSEN, 1996](#)) também denominada matriz de confusão ou tabela de contingência ([LILLESAND; KIEFER, 1994](#)).

A matriz de erros ou de confusão identifica o erro global da classificação de cada categoria ([BRITES, 1996](#)) mostrando, também, os erros de comissão e de omissão de cada categoria ou classe ([CAMPBELL, 1987](#)), permitindo o cálculo dos índices de Exatidão Global e Kappa para uma classificação definida.

Na literatura, encontram-se índices variando de 70% a 97% ([CAMPBELL, 1987](#); [SOARES, 1994](#); [BRITES, 1996](#); [VALENTE; VETTORAZZI, 2003](#); [COSTA; BRITES, 2004](#); [GANAN et al., 2005](#); [LOBÃO et al., 2005](#)). Landis e Koch (1977), citados por Ganan et al. (2005), associaram a qualidade da classificação aos valores do índice Kappa, conforme representação na Tabela 1.

Tabela 1. Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa.

Índice Kappa	Qualidade da classificação
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977), citados por [Ganan et al. \(2005\)](#).

Reconhecidamente, as distorções são maiores em fotografias aéreas não convencionais, ou seja, obtidas com câmeras não métricas a bordo de aviões de pequeno porte quando comparadas a fotografias aéreas convencionais.

Entretanto, a facilidade e a possibilidade de obtenção de fotografias não convencionais são maiores em comparação às convencionais devido ao custo do voo e à necessidade de equipamentos.

A facilidade, o custo e os equipamentos necessários para a obtenção de fotografias aéreas não convencionais ou de pequeno formato justificaram os estudos objetivando conhecer as potencialidades da utilização de fotografias não convencionais na geração de mapas de distribuição espacial e de níveis de infestação de plantas daninhas.

Especificamente objetivou-se:

- a) mapear a distribuição espacial das plantas daninhas a partir de mosaico aerofotogramétrico;
- b) mapear os níveis de infestação por plantas daninhas a partir de mosaico aerofotogramétrico; e
- c) verificar a exatidão dos mapas de distribuição e de níveis de infestação por plantas daninhas.

Material e Métodos

Descrição da área

O trabalho foi realizado no Município de Luís Eduardo Magalhães, BA, na Fazenda Maria das Águas Santas, com o apoio do Clube do Plantio Direto do Oeste Baiano. A área experimental de 27,5 ha localiza-se em lavoura de soja, variedade Msoy 841, irrigada por pivô central e cultivada no sistema de plantio direto em Neossolo Quartzarênico ([Figura 1](#)). O clima é tipo Aw, segundo a classificação climática de Köppen, com temperatura média entre 19°C e 28°C e pluviosidade média inferior a 2000 mm/ano ([AMBIENTE BRASIL, 2005](#)).

Obtenção das fotografias aéreas não convencionais

As fotografias aéreas foram obtidas com câmera fotográfica digital Canon Power Shot S30 3.2 megapixels, a bordo de avião Cessna, a uma altura de voo média de 300 metros. O voo para aquisição das fotografias foi realizado em fevereiro de 2004, duas semanas antes da colheita, período de maturidade fisiológica da soja, visto que, nessa época, a coloração das folhas senescentes contrasta com a das folhas das plantas daninhas.

Considerando a projeção cônica da fotografia, a deriva e o desnivelamento da aeronave, resultando em inclinação do eixo óptico da câmera, o plano de vôo considerou um recobrimento fotográfico longitudinal de 60% e lateral de 30% para uma cobertura fotográfica total da área. (Figura 2).

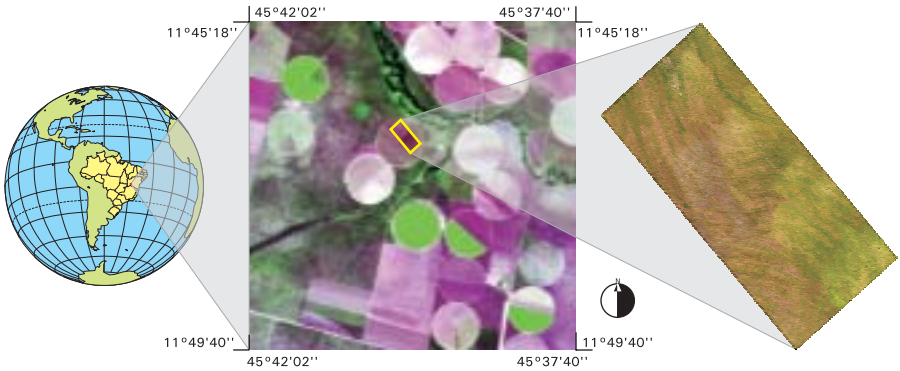


Figura 1. Localização da área.

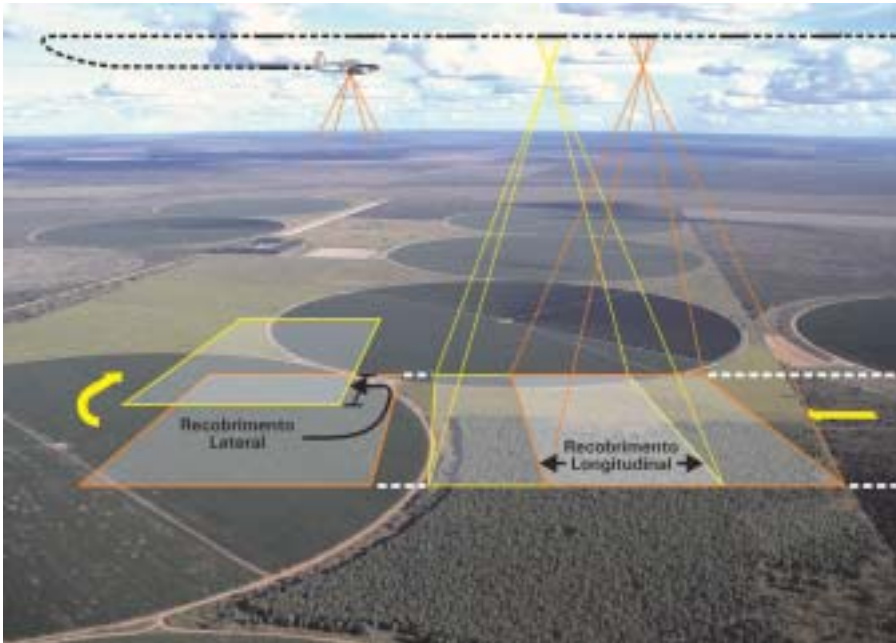


Figura 2. Plano de vôo esquemático representando o recobrimento longitudinal e lateral da área.

Coleta de dados de referência

A coleta dos dados de referência ou verdade de campo foi realizada na área experimental dividida em grade amostral regular de 50 x 50 m, totalizando 110 quadrículas de 2500 m² cada uma (Figura 3).

Os dados de referência foram coletados no mesmo período de aquisição das fotografias aéreas para que a dinâmica da cultura não interferisse na exatidão da classificação.

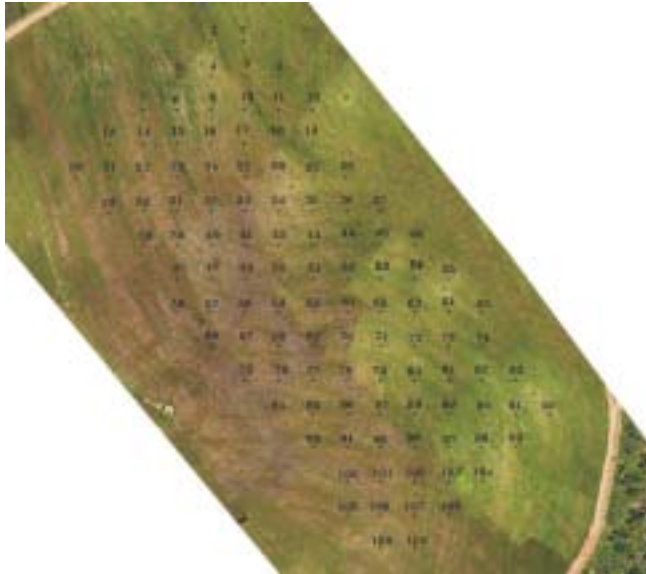


Figura 3. Grade amostral regular de 50 x 50 metros instalada na área experimental.

Os dados de referência coletados corresponderam aos níveis de infestação por plantas daninhas observados em campo para cada ponto da grade amostral.

O nível de infestação foi determinado no centro de cada quadrícula, avaliando-se uma região de aproximadamente 30 m² (num raio de 3 m ao redor do ponto). A escala utilizada para a determinação do nível de infestação foi a seguinte: (1) - baixa infestação, até 20% de cobertura da superfície do solo pelas plantas daninhas, (2) - média infestação, acima de 20% e até 50% de cobertura, e (3) - alta infestação, acima de 50% de cobertura da superfície do solo.

Para o deslocamento entre os pontos, utilizou-se um receptor GPS Modelo Garmim III Plus, operando em modo autônomo.

Os dados coletados também comporão um banco de dados que auxiliará, posteriormente, estudos sobre nível de correlação espacial do banco de sementes com a distribuição e a infestação de plantas daninhas.

Mapeamento da distribuição e de níveis de infestação por plantas daninhas

Para mapear a distribuição de plantas daninhas, as fotografias aéreas foram equalizadas utilizando o programa ENVI 3.5[®]. Posteriormente, confeccionou-se o mosaico aerofotogramétrico utilizando os programas Reegemy Versão 0.2.23. RC2 e Corel-Photo Paint[®].

Esse mosaico foi georreferenciado usando coordenadas obtidas por receptores GPS operando em modo autônomo, com precisão de 10 metros, segundo informações do fabricante.

Posteriormente, o mosaico foi submetido a uma classificação não supervisionada empregando-se o algoritmo K-Means do programa ENVI 3.5[®].

Classificada a imagem, as classes referentes às plantas daninhas foram agrupadas segundo os níveis de infestação baixo, médio e alto, atribuindo-lhes os identificadores 1, 2 e 3 respectivamente. O agrupamento de classes nas escalas de 1 a 3 foi baseado nas amostras dos níveis de infestação coletados em campo no mesmo dia da aquisição das fotografias aéreas.

O agrupamento do tema planta daninha, segundo os níveis de infestação descritos, possibilitou o mapeamento da distribuição espacial e dos níveis de infestação por plantas daninhas.

Filtragem espacial

Para eliminar os ruídos ou *pixels* isolados, observados no mapa de distribuição espacial e de níveis de infestação por plantas daninhas, usou-se uma filtragem espacial de frequência empregando um filtro de moda nas dimensões 3 x 3 e 5 x 5.

Torna-se importante salientar que a ocorrência de *pixels* isolados no mapa de plantas daninhas foi conseqüência da alta frequência espacial dos dados classificados e do desempenho do classificador.

Cálculo da exatidão da classificação

Considerando o erro de 10 metros referente ao posicionamento, locou-se, no mapa de distribuição e de níveis de infestação por plantas daninhas, os pontos

concernentes à coleta dos dados de referência (grade amostral de 50 x 50 metros). Para cada ponto da grade amostral, traçou-se um círculo com raio de 10 metros. Na área referente ao círculo, atribuiu-se o identificador 1, 2 ou 3, conforme a maior frequência das classes baixa, média ou alta de infestação por plantas daninhas respectivamente. Com esse ajuste, eliminou-se parte dos erros de posicionamento provenientes da precisão do receptor GPS.

Para calcular a exatidão, a classificação foi comparada aos dados de referência ou verdade de campo. A relação entre os dois planos de informação foi resumida em uma matriz de erros possibilitando o cálculo dos índices de Exatidão Global e Kappa.

Resultados e Discussão

Dados de referência

Os dados de referência apresentando o nível de infestação e as espécies de plantas daninhas identificadas na área experimental estão listados na [Tabela 2](#). Os nomes comuns e as famílias das plantas daninhas identificadas na área estão listados no [Anexo 1](#).

Distribuição e níveis de infestação por plantas daninhas

A distribuição e os níveis de infestação por plantas daninhas mapeados, segundo os dados do levantamento fotográfico aéreo, estão representados na Figura 4.

Os mapas de distribuição e de níveis de infestação por plantas daninhas submetidos à filtragem estão representados nas [Figuras 5 e 6](#).

Os mapas submetidos ao processo de filtragem (Figuras 5 e 6) apresentam menos *pixels* isolados quando comparados ao mapa não filtrado ([Figura 4](#)). A suavização da imagem foi maior quando foi usado o filtro de dimensão 5 x 5, pois o filtro de moda substitui o *pixel* central por seu vizinho de maior frequência.

O processo de filtragem não alterou estatisticamente os índices de exatidão das imagens, uma vez que, no cálculo desses índices, considerou-se a média dos níveis de infestação por plantas daninhas num raio de 10 metros a partir do ponto de coleta dos dados de referência, conforme definido na metodologia.

Tabela 2. Nível de infestação por plantas daninhas na área experimental Luís Eduardo Magalhães, BA (2004).

Ponto de Controle	Coordenadas		Nível de infestação	Espécies
	X	Y		
1	427140	8697943	3	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine indica</i>
2	427190	8697943	3	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Eleusine indica</i>
3	427090	8697893	3	<i>Bidens pilosa</i>
4	427140	8697893	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
5	427190	8697893	1	<i>Cenchrus echinatus</i>
6	427240	8697893	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Diodia teres</i>
7	427040	8697843	1	<i>Amaranthus retroflexus</i>
8	427090	8697843	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Desmodium tortuosum</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i>
9	427140	8697843	2	<i>Bidens pilosa</i>
10	427190	8697843	2	<i>Bidens pilosa</i>
11	427240	8697843	1	<i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine indica</i>
12	427290	8697843	2	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Diodia teres</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Euphorbia heterophylla</i>
13	426990	8697793	1	<i>Bidens pilosa</i>
14	427040	8697793	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cyperus ferax</i> , <i>Digitaria insularis</i>
15	427090	8697793	2	<i>Bidens pilosa</i>
16	427140	8697793	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Commelina benghalensis</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i>
17	427190	8697793	1	<i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Diodia teres</i>
18	427240	8697793	1	<i>Digitaria horizontalis</i>
19	427290	8697793	2	<i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Diodia teres</i>
20	426940	8697743	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Euphorbia heterophylla</i>
21	426990	8697743	3	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Ponto de Controle	Coordenadas		Nível de infestação	Espécies
	X	Y		
22	427040	8697743	2	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Tridax procumbens</i>
23	427090	8697743	1	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Cyperus ferax</i>
24	427140	8697743	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Diodia teres</i> , <i>Eleusine coracana</i>
25	427190	8697743	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Diodia teres</i>
26	427240	8697743	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria insularis</i> , <i>Diodia teres</i>
27	427290	8697743	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
28	427340	8697743	3	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine indica</i>
29	426990	8697693	3	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Chamaesyce hirta</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Ipomoea grandifolia</i>
30	427040	8697693	2	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
31	427090	8697693	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Brachiaria brizantha</i>
32	427140	8697693	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cyperus ferax</i> , <i>Cyperus rotundus</i>
33	427190	8697693	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cyperus rotundus</i>
34	427240	8697693	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Diodia teres</i>
35	427290	8697693	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Diodia teres</i> , <i>Eleusine coracana</i>
36	427340	8697693	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Eleusine indica</i>
37	427390	8697693	3	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Eleusine indica</i>
38	427040	8697643	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i>
39	427090	8697643	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
40	427140	8697643	2	<i>Bidens pilosa</i>
41	427190	8697643	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Chamaesyce hirta</i>
42	427240	8697643	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Diodia teres</i>
43	427290	8697643	2	<i>Acanthospermum hispidum</i> , <i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Ponto de Controle	Coordenadas		Nível de infestação	Espécies
	X	Y		
44	427340	8697643	2	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Cyperus ferax</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
45	427390	8697643	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine indica</i>
46	427440	8697643	1	<i>Bidens pilosa</i>
47	427090	8697593	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Brachiaria plantaginea</i> , <i>Cenchrus echinatus</i>
48	427140	8697593	2	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Panicum maximum</i>
49	427190	8697593	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Chamaesyce hirta</i>
50	427240	8697593	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Diodia teres</i>
51	427290	8697593	2	<i>Acanthospermum hispidum</i> , <i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Sida cordifolia</i>
52	427340	8697593	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Diodia teres</i>
53	427390	8697593	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Eleusine coracana</i>
54	427440	8697593	2	<i>Acanthospermum hispidum</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i>
55	427490	8697593	2	<i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Eleusine indica</i>
56	427090	8697543	2	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
57	427140	8697543	3	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Chamaesyce hirta</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Euphorbia heterophylla</i>
58	427190	8697543	2	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
59	427240	8697543	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Chamaesyce hirta</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Panicum maximum</i>
60	427290	8697543	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Chamaesyce hirta</i>
61	427340	8697543	2	<i>Acanthospermum hispidum</i> , <i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cyperus ferax</i> , <i>Diodia teres</i>
62	427390	8697543	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cyperus ferax</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i>
63	427440	8697543	1	<i>Bidens pilosa</i>
64	427490	8697543	1	<i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Panicum maximum</i>
65	427540	8697543	1	<i>Acanthospermum hispidum</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i>

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Ponto de Controle	Coordenadas		Nível de infestação	Espécies
	X	Y		
66	427140	8697493	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Chamaesyce hirta</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Euphorbia heterophylla</i>
67	427190	8697493	2	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Eleusine indica</i> , <i>Ipomoea grandifolia</i>
68	427240	8697493	1	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
69	427290	8697493	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
70	427340	8697493	1	<i>Cyperus ferax</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
71	427390	8697493	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i>
72	427440	8697493	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine indica</i>
73	427490	8697493	1	<i>Bidens pilosa</i>
74	427540	8697493	3	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
75	427190	8697443	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Eleusine indica</i> , <i>Euphorbia heterophylla</i>
76	427240	8697443	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Sidastrum micranthum</i>
77	427290	8697443	3	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Ipomoea grandifolia</i>
78	427340	8697443	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Eleusine coracana</i>
79	427390	8697443	1	<i>Digitaria horizontalis</i>
80	427440	8697443	1	<i>Acanthospermum hispidum</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Cyperus ferax</i> , <i>Eleusine indica</i>
81	427490	8697443	2	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Eleusine indica</i>
82	427540	8697443	1	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Eleusine coracana</i>
83	427590	8697443	1	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
84	427240	8697393	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i>
85	427290	8697393	2	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
86	427340	8697393	2	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Vigna unguiculata</i>
87	427390	8697393	1	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
88	427440	8697393	1	<i>Digitaria horizontalis</i>

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Ponto de Controle	Coordenadas		Nível de infestação	Espécies
	X	Y		
89	427490	8697393	1	<i>Amaranthus retroflexus</i>
90	427540	8697393	1	<i>Cyperus ferax</i>
91	427590	8697393	1	<i>Eleusine indica</i>
92	427640	8697393	3	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Eleusine indica</i> ,
93	427290	8697343	2	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Sida cordifolia</i>
94	427340	8697343	2	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
95	427390	8697343	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i> , <i>Eleusine indica</i>
96	427440	8697343	1	<i>Ipomoea grandifolia</i>
97	427490	8697343	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Cenchrus s echinatu</i>
98	427540	8697343	1	<i>Brachiaria brizantha</i>
99	427590	8697343	1	<i>Phaseolus vulgaris</i>
100	427340	8697293	3	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Brachiaria plantaginea</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
101	427390	8697293	1	<i>Cenchrus echinatus</i>
102	427440	8697293	2	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
103	427490	8697293	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
104	427540	8697293	1	<i>Eleusine indica</i>
105	427340	8697243	2	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Digitaria horizontalis</i>
106	427390	8697243	1	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Brachiaria plantaginea</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine coracana</i>
107	427440	8697243	1	<i>Brachiaria plantaginea</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Eleusine indica</i>
108	427490	8697243	1	<i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Brachiaria plantaginea</i> , <i>Cenchrus echinatus</i>
109	427390	8697193	1	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> , <i>Eleusine indica</i>
110	427440	8697193	1	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i>

Nível de infestação 1: baixo; 2: médio, e 3: alto

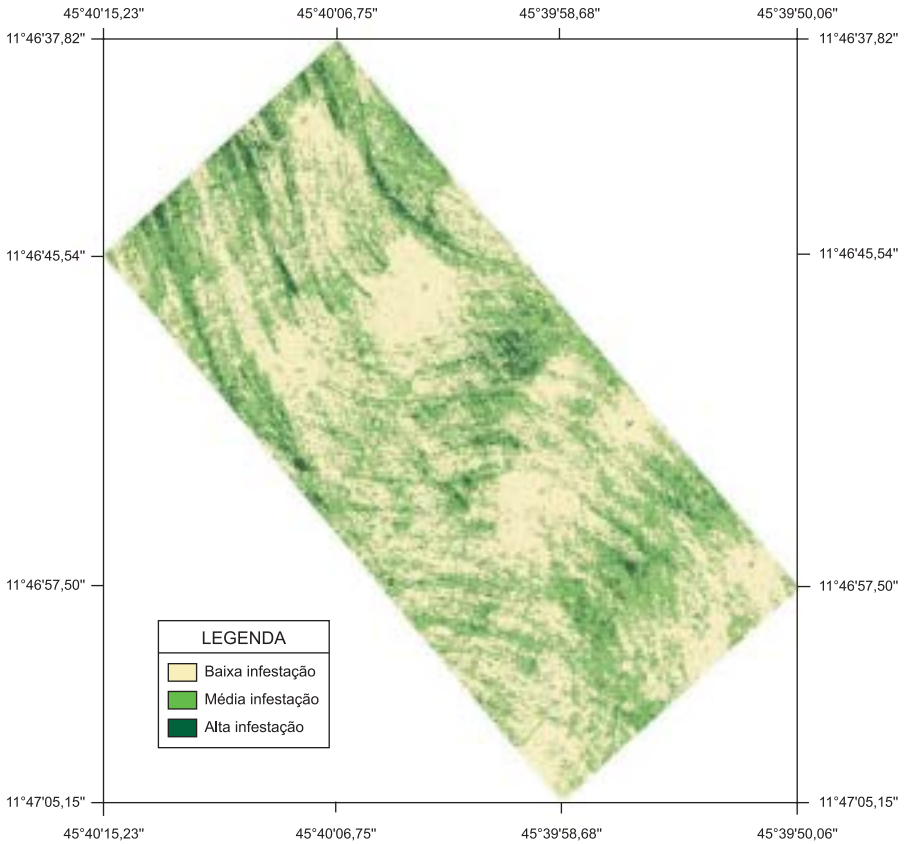


Figura 4. Distribuição e níveis de infestação por plantas daninhas na área experimental Luís Eduardo Magalhães, BA (2004).

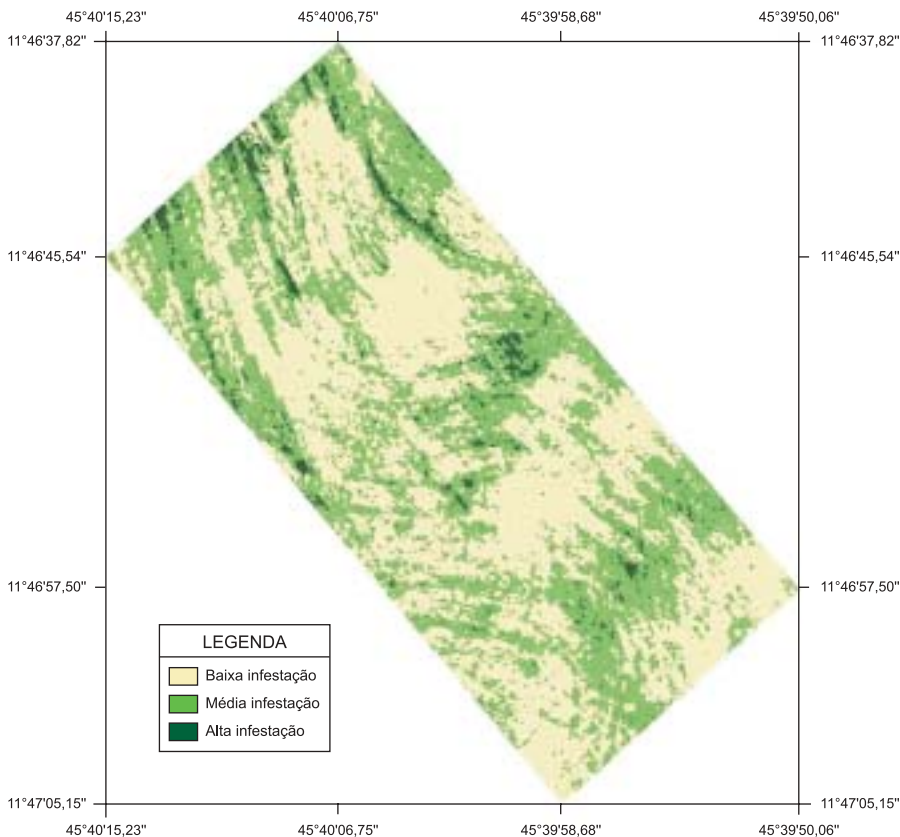


Figura 5. Distribuição e níveis de infestação por plantas daninhas na área experimental, Luís Eduardo Magalhães, BA (2004), submetidos a um filtro de moda 3 x 3.

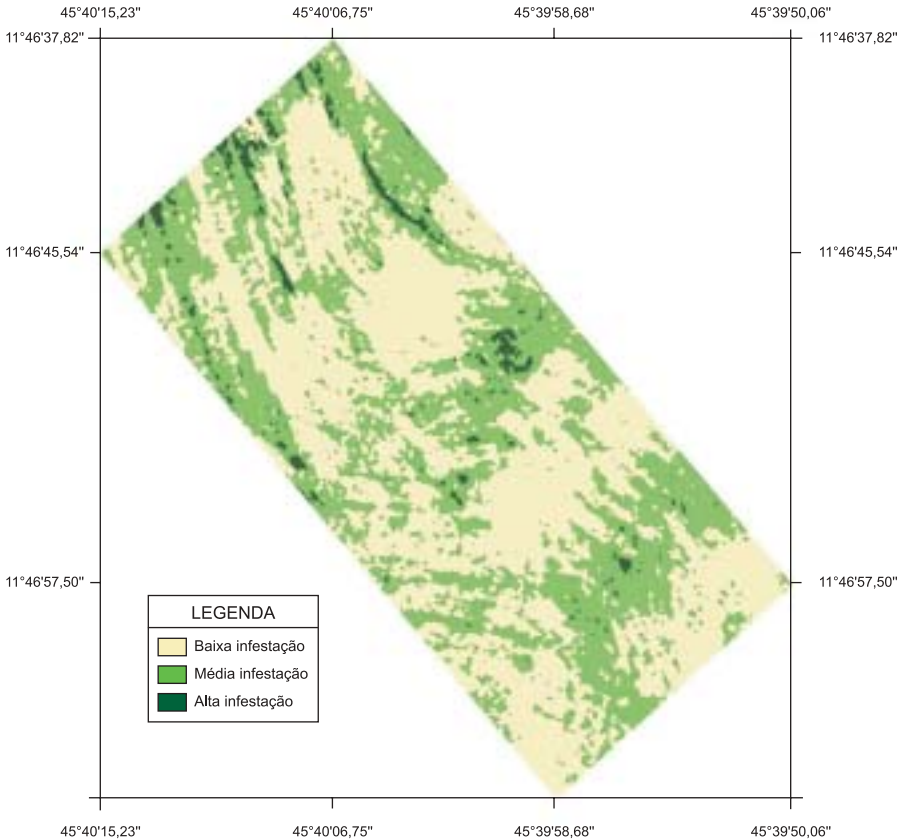


Figura 6. Distribuição e níveis de infestação por plantas daninhas na área experimental Luís Eduardo Magalhães, BA (2004), submetidos a um filtro de moda 5 x 5.

Exatidão da classificação

Os índices Kappa e Exatidão Global para a imagem classificada foram 48,04% e 70,90%, respectivamente, calculados com base na matriz de erros ([Tabela 3](#)).

Tabela 3. Matriz de erro resultante da classificação (linhas) e mapa de referência (colunas).

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total	Erro de Comissão
Classe 1	47	7	5	59	0,2034
Classe 2	15	25	1	41	0,3902
Classe 3	4	0	6	10	0,4000
Total	66	32	12	110	
Erro de omissão	0,2879	0,2188	0,5000		

Classe 1, 2 e 3 refere-se aos níveis de infestação: baixo, médio e alto respectivamente.

Erro de Omissão: descrito como a omissão no mapa de determinada feição constatada em campo

Erro de Comissão: descrito com a atribuição no mapa de determinada feição a uma classe a qual ela não pertence, segundo levantamento de campo.

A diferença observada entre os índices Kappa e Exatidão Global é decorrente da eliminação da concordância em razão da casualidade para o cálculo do índice Kappa.

Os índices de exatidão do mosaico classificados são influenciados pela projeção cônica das fotografias aéreas e pelo desnivelamento da aeronave. A projeção cônica das fotografias e o seu deslocamento radial são inerentes ao processo fotográfico, entretanto, o desnivelamento e a deriva da aeronave podem ser amenizados ou mesmo controlados.

O controle do nivelamento da aeronave implica controle da inclinação do eixo ótico da câmara fotográfica evitando, por conseguinte, grandes deslocamentos radiais. Cabe ainda informar que o nivelamento e a deriva de aeronaves de pequeno porte são fatores que podem ser controlados ou amenizados, mas dificilmente eliminados.

Somado à projeção cônica das fotografias aéreas e ao desnivelamento da aeronave, o erro de posicionamento do receptor GPS, mesmo ajustado, constitui uma fonte de erros cumulativos que parece ter influenciado sobremaneira os índices encontrados, pois afetou tanto os procedimentos de georreferenciamento do mosaico como a coleta dos dados de referência.

Para minimizar a influência negativa do erro de posicionamento de receptores GPS, operando em modo autônomo, as seguintes ações são sugeridas:

- a) utilização de um receptor GPS operando em modo diferencial ou utilização simultânea de dois receptores GPS, operando em modo autônomo, possibilitando correção de coordenadas por meio de pós-processamento; e
- b) realização da coleta de dados de referência observando o nível médio de infestação por plantas daninhas em cada ponto amostrado, considerando-se a partir deste um círculo de raio próximo a precisão do receptor GPS.

Numa análise preliminar, os índices de exatidão podem ser considerados satisfatórios quando se objetiva a aplicação localizada de herbicidas, isso por que as plantas daninhas na área de estudo, representadas no mapa de distribuição, apresentam tendência de agrupamento, facilitando a aplicação do produto. Ademais, a Exatidão Global para a classificação gerada está dentro dos limites encontrados na literatura, na qual são relatados índices variando de 70% a 97%, e para Landis e Koch (1977), citados por [Ganan et al. \(2005\)](#), a qualidade da classificação para o índice Kappa encontrado é definida como boa ([Tabela 1](#)).

A eficácia das informações geradas será confirmada em etapas posteriores nas quais se realizarão testes de aplicação localizada de herbicidas, baseados no mapa de distribuição e de níveis de infestação por plantas daninhas.

Conclusão

Os resultados parciais sugerem que fotografias aéreas, nesta fase de pré-colheita da cultura de soja, podem constituir uma boa base de dados para a geração de mapas de distribuição espacial e de níveis de infestação de plantas daninhas.

Referências

AMBIENTE BRASIL. **Classificação dos climas do Brasil**. Disponível em: < <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./natural/index.html&conteudo=./natural/clima.html> > . Acesso em: 01 nov. 2005.

ANTUNIASSI, U. R. Agricultura de precisão: aplicação localizada de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2000. p. 25-43.

BRITES, R. S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens orbitais: efeitos de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão.** 1996. 101f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BROWN, R. B.; STECKLER, J. P. G. A; ANDERSON, G. W. Remote sensing for identification of weed in no-till corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, n. 1, p. 297-302, 1994.

BROWN, R. B.; STECKLER, J. P. G. A. Prescription maps for spatially variable herbicide application in no-till corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, p.1659-1666, 1995.

BROWN, R. B.; STECKLER, J. P. G. A. Weed patch identification in no-till using digital imagery. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 19, p. 88-91, 1993.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing.** New York: The Guilford, 1987. 551 p.

CARVER, A. J. **Fotografia aérea para planejadores de uso da terra.** Trad. Ruth Ferraz Amaral. Brasília, DF: MA: SNAP: SRN: CCSA, 1988. 77 p.

CHANG, J.; CLAY, S. A.; CLAY, D. E.; DALSTED, K. Detecting weed-free and weed-infested areas of a soybean field using near-infrared spectral data. **Weed Science**, Champaign, v. 52, p. 642-648, 2004.

COSTA, T. C. C.; BRITES, R. S. A influência do tamanho da amostra de referência na exatidão de classificação de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 2, p.151-155, 2004.

EVERITT, J. H.; ALANIZ, M. A.; ESCOLAR, D. E.; DAVIS, M. R. Using the remote sensing to distinguish common (*Isocoma coronopifolia*) and drummond goldenweed (*Isocoma drummondii*). **Weed Science**, Champaign, v. 40, p. 621-628, 1992.

GANAN, J. R.; ROCHA, J. V.; MERCANTE, E.; ANTUNES, J. F. G. Mapeamento da cultura da soja com imagens Landsat 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 549-555.

GERHARDS, R.; WYSE-PESTER, D. Y.; MORTENSEN, D.; JOHNSON, G. A. Characterizing spatial stability of weed population using interpolated maps. **Weed Science**, Champaign, v. 45, p. 108-119, 1997.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 316 p.

JOHNSON, G. A.; MORTENSEN, D. A.; MARTIN, A. R. A simulation of herbicide use based on weed spatial distribution. **Weed Research**, Oxford, v. 35, p. 197-205, 1995.

KOGER, C. H.; SHAW, D. R.; REDDY, K. N.; BRUCE, L. M. Detection of pitted morning-glory (*Ipomea lacunosa*) with hyperspectral remote sensing. II. Effects of vegetation ground cover and reflectance properties. **Weed Science**, Champaign, v. 52, p. 230-235, 2004

LAMB, D. W.; BROWN, R. B. Remote-sensing and mapping of weed in crops. **Journal of Agricultural Engineering Research, London**. Disponível em: < <http://www.idealybrary.com> > . Acesso em: 2000.

LAMB, D. W.; WEEDON, M. Evaluating the accuracy of mapping weeds in fallow fields using airborne digital imaging: *Panicum effusum* in oilseed rape stubble. **Weed Research**, Oxford, v. 38, p. 443-451, 1998.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 2nd ed. Chichester: John Willey & Sons, 1994. 740 p.

LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. Aplicação dos índices kappa e pabak na validação de classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1207-1214.

SOARES, V. P. **Landsat thematic mapper and C-band radar satellite data to characterize *Eucalyptus* forest plantations in Brazil**. 1994. 187 f. Thesis (Ph.D.) - Colorado State University, Fort Collins.

TIAN, L.; REID, J. F.; HUMMEL, J. W. Development of a precision sprayer for site specific management. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 4, p. 893-900, 1999.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. **Mapeamento de uso e cobertura do solo da bacia do Rio Corumbataí, SP**. São Paulo: IPEF, 2003. 10 p. (Circular Técnica, 196). Disponível em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/> > .

Anexo 1. Espécies, nomes comuns e famílias das plantas daninhas identificadas na área experimental. Luís Eduardo Magalhães, BA (2004).

Espécie	Nome comum	Família
<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carrapicho-de-carneiro	Asteraceae
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Caruru-gigante	Amaranthaceae
<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	Asteraceae
<i>Brachiaria brizantha</i>	Braquiarão	Poaceae
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Capim-marmelada	Poaceae
<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim-carrapicho	Poaceae
<i>Chamaesyce hirta</i>	Carrapicho-de-carneiro	Asteraceae
<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeaba	Commelinaceae
<i>Cyperus ferax</i>	Tiriricão	Cyperaceae
<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca	Cyperaceae
<i>Desmodium tortuosum</i>	Carrapicho-beiço-de-boi	Leguminosae- papilionoideae
<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão	Poaceae
<i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	Poaceae
<i>Diodia teres</i>	Mata-pasto	Rubiaceae
<i>Eleusine coracana</i>	Capim-pé-de-galinha	Poaceae
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	Poaceae
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	Euphorbiaceae
<i>Ipomoea grandifolia</i>	Corda-de-viola	Convolvulaceae
<i>Panicum maximum</i>	Capim-colonião	Poaceae
<i>Sida cordifolia</i>	Guanxuma	Malvaceae
<i>Sidastrum micranthum</i>	Malva-preta	Malvaceae
<i>Tridax procumbens</i>	Erva-de-touro	Asteraceae
<i>Vigna unguiculata</i>	Feijão-de-corda	Leguminosae- papilionoideae