

LAVOURA 29E

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,30	0,60	0,79	0,95	1,10	1,18	1,25	1,28	1,31	1,32	1,33	1,15
Graus Dia	165,2	312,5	465,8	606,1	745,9	833,9	904,25	994,5	1093	1142,4	1198,1	1297,2
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia												

LAVOURA 30A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,30	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,30	1,25
Graus Dia	159,1	318,9	470,9	614,6	756,4	861,7	940,1	1023,5	1124,4	1204	1233	1310,8	1419,2
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,9 mm/dia													

LAVOURA 30B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,30	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,30	1,25
Graus Dia	159,1	318,9	470,9	614,6	756,4	861,7	940,1	1023,5	1124,4	1204	1233	1310,8	1419,2
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,9 mm/dia													

LAVOURA 31

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,30	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,30	1,25
Graus Dia	159,1	318,9	470,9	614,6	756,4	861,7	940,1	1023,5	1124,4	1204	1233	1310,8	1419,2
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,9 mm/dia													

LAVOURA 32A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,3	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,30	1,30	1,32	1,33	1,31	1,28	1,26
Graus Dia	154,05	319,2	466,55	619,8	760,15	900	976	1038,3	1128,6	1227,1	1276,5	1332,1	1408
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,76 mm/dia													

LAVOURA 32B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,32	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,30
Graus Dia	161,25	319,4	472,9	616,05	756,1	857,5	936,8	1020,5	1121,3	1194,7	1227,7	1307,6
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,9 mm/dia												

LAVOURA 33

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,32	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,30
Graus Dia	161,25	319,4	472,9	616,05	756,1	857,5	936,8	1020,5	1121,3	1194,7	1227,7	1307,6
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,9 mm/dia												

LAVOURA 34

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,39	0,75	1,12	1,29	1,29	1,29	1,30	1,30	1,32	1,30	1,29	1,24
Graus Dia	190,5	359,1	534,9	696,4	851,1	946,5	1021,4	1139,6	1245,4	1284,2	1349,8	1460,5
Comprimento Máximo da Raiz = 59,75 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia												

LAVOURA 35A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kc	0,37	0,75	1,15	1,29	1,29	1,31	1,33	1,27	1,24
Graus Dia	177,7	363,7	536,8	725,9	903,3	1066,2	1203,8	1350,5	1460,5
Comprimento Máximo da Raiz = 55,6 cm									
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia									

LAVOURA 35B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kc	0,37	0,75	1,15	1,29	1,29	1,31	1,33	1,27	1,24
Graus Dia	177,7	363,7	536,8	725,9	903,3	1066,2	1203,8	1350,5	1460,5
Comprimento Máximo da Raiz = 55,6 cm									
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia									

LAVOURA 35C

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kc	0,37	0,68	0,89	1,06	1,25	1,30	1,33	1,06	0,97
Graus Dia	177,7	363,7	536,8	725,9	901,3	1058,2	1195,8	1342,5	1396,5
Comprimento Máximo da Raiz = 58,7 cm									
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,3 mm/dia									

LAVOURA 35D

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,37	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,32	1,30	1,24	1,22
Graus Dia	179,6	359,4	548,4	715,9	891	1039	1166,1	1241,8	1319,6	1437	1493,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia											

LAVOURA 35E

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,37	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,32	1,30	1,24	1,22
Graus Dia	179,6	359,4	548,4	715,9	891	1039	1166,1	1241,8	1319,6	1437	1493,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia											

LAVOURA 36A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,31	1,33	1,30	1,26	1,22
Graus Dia	185,9	361,9	541,1	705,6	874,9	1000,4	1084,2	1200,3	1315,0	1399,0	1440,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 36B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,37	0,75	1,17	1,29	1,29	1,31	1,31	1,27	1,06	1,22
Graus Dia	181,7	367,4	542,1	719,8	885	1043,3	1148,8	1234,1	1351,4	1488,1
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 36C

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,31	1,33	1,30	1,26	1,22
Graus Dia	185,9	361,9	541,1	705,6	874,9	1000,4	1084,2	1200,3	1315,0	1399,0	1440,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 37

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,30	1,24
Graus Dia	183,9	375,4	544,1	710,4	879,5	1020,8	1111,3	1190,4	1306,3	1449,41
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia										

APÊNDICE C – DURAÇÃO DO CICLO E ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE CADA LAVOURA POR DATA DE PLANTIO

AREA	GERMINAÇÃO	VEGETATIVO	FLORENCH. GRÃOS	MATURAÇÃO	CICLO	PLANTIO	INI_EMERGENCIA	INIC_FLORESC.	INIC_MATUR.
1	7	47	37	15	106	7/3/01	14/3/01	29/4/01	5/6/01
2	7	44	34	15	100	14/3/01	21/3/01	3/5/01	6/6/01
3	7	47	31	15	100	27/2/01	5/3/01	21/4/01	22/5/01
4	7	47	33	15	102	2/3/01	9/3/01	24/4/01	27/5/01
5	7	42	21	15	85	10/2/02	17/2/02	30/3/02	20/4/01
6A	7	49	35	15	106	14/3/01	21/3/01	8/5/01	12/6/01
6B	7	49	35	15	106	14/3/01	21/3/01	8/5/01	12/6/01
6C	7	49	35	15	106	14/3/01	21/3/01	8/5/01	12/6/01
7	7	49	35	15	106	14/3/01	21/3/01	8/5/01	12/6/01
8	7	55	45	15	122	3/3/01	10/3/01	3/5/01	17/6/01
9A	7	55	43	15	120	27/2/01	6/3/01	29/4/01	11/6/01
9B	7	63	50	15	135	13/3/01	20/3/01	21/5/01	10/7/02
9C	7	55	43	15	120	27/2/01	6/3/01	29/4/01	11/6/01
10	7	54	43	15	119	22/2/01	1/3/02	23/4/01	5/6/01
11	7	64	49	15	135	14/3/01	21/3/01	23/5/01	11/7/02
12	7	60	51	15	133	10/3/01	17/3/01	15/5/01	5/7/01
13	7	57	51	15	130	6/3/01	12/3/01	8/5/01	28/6/01
14	7	48	35	15	105	14/3/01	20/3/01	6/5/01	10/6/01
15	7	48	35	15	105	14/3/01	20/3/01	6/5/01	10/6/01
16	7	47	31	15	100	27/2/01	6/3/01	21/4/01	22/5/01
17	7	47	32	15	101	1/3/01	8/3/01	23/4/01	25/5/01
18	7	43	28	15	93	3/3/01	10/3/01	21/4/01	19/5/01
19	7	47	37	15	106	8/3/01	15/3/01	30/4/01	6/6/01
20	7	47	36	15	105	5/3/01	12/3/01	27/4/01	2/6/01
21	7	44	34	15	100	14/3/01	21/3/01	3/5/01	6/6/01
22A	7	47	36	15	105	5/3/01	12/3/01	27/4/01	2/6/01
22B	7	47	36	15	105	5/3/01	12/3/01	27/4/01	2/6/01
22 ASP	7	43	30	15	95	5/3/01	12/3/01	23/4/01	26/5/01
22BSP	7	43	30	15	95	5/3/01	12/3/01	23/4/01	26/5/01
23	7	48	37	15	107	11/3/01	18/3/01	4/5/01	10/6/01
24	7	43	33	15	98	8/3/01	15/3/01	26/4/01	29/5/01
25A	7	44	33	15	99	12/3/01	19/3/01	1/5/01	3/6/01
25B_SP	7	44	33	15	99	13/3/01	20/3/01	2/5/01	4/6/01
25B-P	7	49	37	15	108	13/3/02	20/3/01	7/5/01	13/6/01
25C	7	44	34	15	100	14/3/01	21/3/01	3/5/01	6/6/01
25D	7	47	35	15	104	3/3/01	10/3/01	26/4/01	30/5/01
25E	7	43	33	15	98	8/3/01	15/3/01	26/4/01	29/5/01
25F	7	47	36	15	105	5/3/01	12/3/01	27/4/01	2/6/01
25G	7	48	37	15	107	10/3/01	17/3/01	3/5/01	9/6/01
26	7	47	35	15	104	3/3/01	10/3/01	26/4/01	30/5/01
27A	7	55	43	15	120	20/3/01	27/3/01	20/5/01	2/7/01
27B	7	42	24	15	88	26/2/01	5/3/01	15/4/01	9/5/01
27C	7	46	29	15	97	24/2/01	3/3/01	17/4/01	16/5/01
27D	7	46	24	15	92	10/2/01	17/2/01	3/4/01	27/4/01
27E	7	46	27	15	95	22/2/01	1/3/01	15/4/01	12/5/01
27F	7	44	31	15	97	15/3/01	22/3/01	4/5/01	4/6/01
27G	ENSAIO								
27H	7	44	31	15	97	15/3/01	22/3/01	4/5/01	4/6/01
27I	7	52	35	15	109	19/3/01	26/3/01	16/5/01	20/6/01
27J	7	49	35	15	106	15/3/01	22/3/01	9/5/01	13/6/01
27K	7	49	35	15	106	15/3/01	22/3/01	9/5/01	13/6/01
27L	7	44	31	15	97	15/3/01	22/3/01	4/5/01	4/6/01

(continua)

Continuação

AREA	GERM.	VEG.	FLOR/ENCH. GRÃOS	MATURAÇÃO	CICLO	PLANTIO	INI_EMERGÊNCIA	INC_FLORESC.	INC_MATUR.
27M	7	48	34	15	104	10/3/01	17/3/01	3/5/01	6/6/01
27N	7	55	43	15	120	20/3/01	27/3/01	20/5/01	2/7/01
27O	7	47	35	15	104	8/3/01	15/3/01	30/4/01	4/6/01
27P	7	47	35	15	104	8/3/01	15/3/01	30/4/01	4/6/01
27Q	7	55	43	15	120	20/3/01	27/3/01	20/5/01	2/7/01
28	7	49	35	15	106	15/3/01	22/3/01	9/5/01	13/6/01
28A	7	58	45	15	125	17/3/01	24/3/01	20/5/01	4/7/01
29B	7	50	38	15	111	1/3/01	8/3/01	26/4/01	4/6/01
29C	7	50	40	15	112	6/3/01	13/3/01	1/5/01	10/6/01
29D	7	62	44	15	128	22/3/01	29/3/01	29/5/01	12/7/01
29E	7	57	45	15	124	16/3/01	23/3/01	18/5/01	2/7/01
30A	7	63	49	15	134	12/3/01	19/3/01	20/5/01	8/7/01
30B	7	63	49	15	134	12/3/01	19/3/01	20/5/01	8/7/01
31	7	63	49	15	134	12/3/01	19/3/01	20/5/01	8/7/01
32A	7	57	51	15	130	6/3/01	12/3/01	8/5/01	26/6/01
32B	7	63	50	15	135	13/3/01	20/3/01	21/5/01	10/7/02
33	7	63	50	15	135	13/3/01	20/3/01	21/5/01	10/7/02
34	7	54	47	15	123	17/3/01	24/3/01	16/5/01	2/7/01
35A	7	46	25	15	93	12/2/01	19/2/01	5/4/01	30/4/01
35B	7	46	25	15	93	12/2/01	19/2/01	5/4/01	30/4/01
35C	7	42	22	15	86	12/2/02	19/3/02	1/4/01	23/4/01
35 D	7	47	36	15	105	26/2/01	5/3/01	20/4/01	26/5/01
35E	7	47	36	15	105	26/2/01	5/3/01	20/4/01	26/5/01
36A	7	49	35	15	106	14/3/01	21/3/01	8/5/01	12/6/01
36B	7	47	33	15	102	5/3/01	12/3/01	27/4/01	30/5/01
37	7	47	37	15	106	8/3/01	15/3/01	30/4/01	6/6/01

**APÊNDICE D – VALORES DE CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA
NO SOLO OBTIDOS A PARTIR DAS AMOSTRAS COLETADAS EM CAMPO DE
SOLOS REPRESENTATIVOS DA ÁREA DE ESTUDOS.**

Lavoura	Solo	Prof	AT%	SIL%	ARG%	q10%	q1500%	AD%	dens	mm/cm	média	(CC-PM)%	mm/cm	média
23	LR1	20	15,4	21,6	63	36,94	23,9	12,73	1,2	1,53	1,55	13,04	2	2,03
23	LR1	40	13,6	21,9	64,5	37,3	24,25	12,74	1,23	1,57		13,05	2,05	
30	LR2	20	12,5	26,5	61	37,5	24,47	12,74	1,15	1,47	1,52	13,03	1,92	1,99
30	LR2	40	12	27,5	60,5	37,59	24,56	12,75	1,23	1,57		13,03	2,05	
35	LR1	20	7	28	65	38,4	25,43	12,76	1,15	1,47	1,46	12,97	1,91	1,89
35	LR1	40	7	26,5	66,5	38,4	25,43	12,76	1,13	1,44		12,97	1,87	
38C	LE1?	20	87	4,5	8,5	12,53	5,19	6,26	1,55	0,97	1,08	7,34	0,71	0,84
38C	LE1?	40	81	7	12	15,15	6,95	7,52	1,57	1,18		8,2	0,97	
38A	LR2	20	33	14	53	32,6	19,94	12,41	1,4	1,74	1,64	12,66	2,2	2,09
38A	LR2	40	30,5	19,5	50	33,3	20,54	12,48	1,23	1,54		12,76	1,97	
9	LR2	20	10,1	25,8	64,1	37,92	24,91	12,75	1,15	1,47	1,52	13,01	1,91	1,98
9	LR2	40	10,5	26,5	63	37,86	24,84	12,75	1,23	1,57		13,02	2,04	
32A	LR6	20	6,3	24,7	69	38,5	25,54	12,76	1,15	1,47	1,46	12,96	1,91	1,89
32A	LR6	40	6,1	27,4	66,5	38,52	25,57	12,76	1,13	1,44		12,95	1,86	
32B	LR6	20	6,1	28,9	65	38,52	25,57	12,76	1,15	1,47	1,46	12,95	1,9	1,88
32B	LR6	40	5,5	27,5	67	38,6	25,66	12,76	1,13	1,44		12,94	1,86	

APÊNDICE E - IMAGENS LANDSAT TM E ETM+ DAS LAVOURAS DA ÁREA DE ESTUDO EM CINCO DATAS

LAVOURA 1

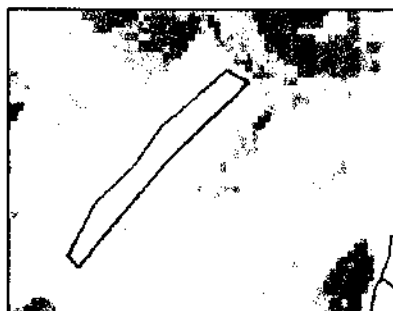
Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P. Paulista	10,77	7/3/01	C125	3249	2274	2043	23/4/01	390,11	seca



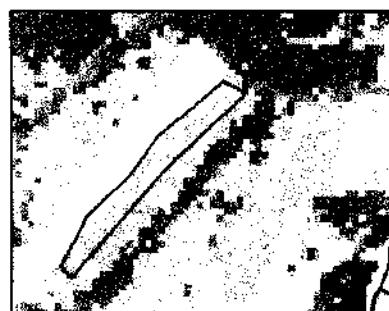
5/3/01



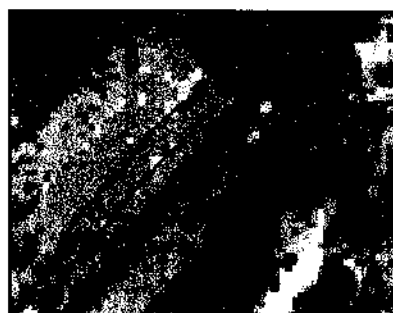
14/4/01



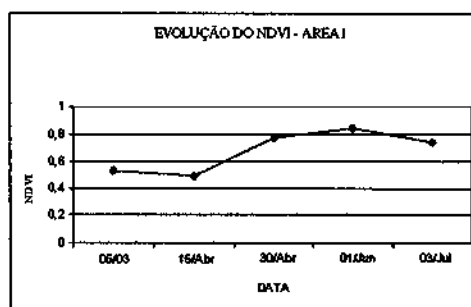
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 2

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (RS)	Natureza do sinistro
Cruzália	85,91	13/3/01	AGN3050	3500	2450	3200	-	-	-



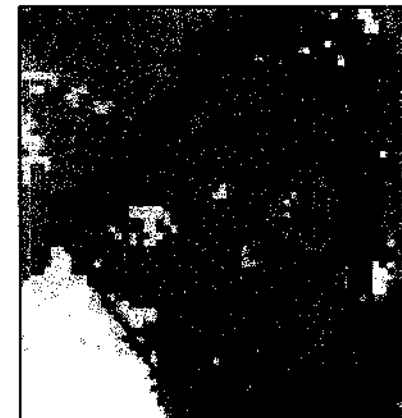
5/3/01



14/4/01



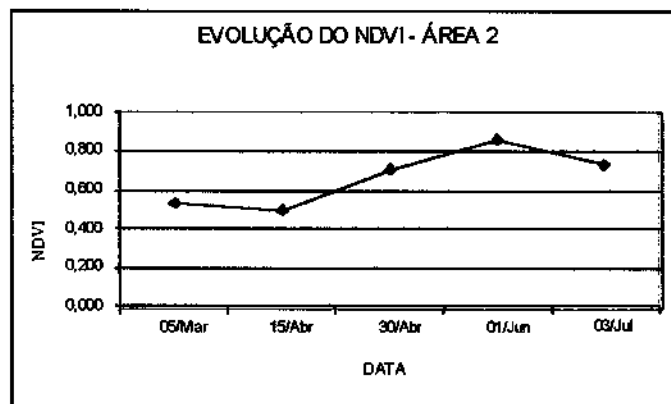
30/4/01



1/6/01



3/7/01

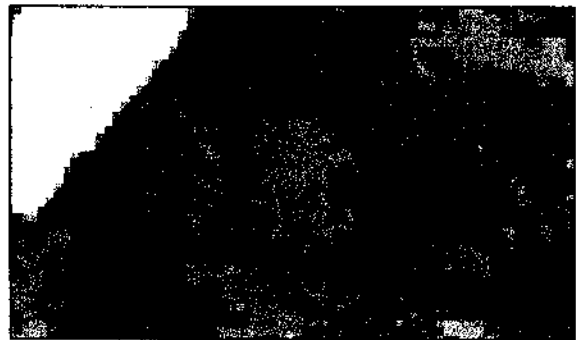


LAVOURA 3

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Tarumã	54,68	27/2/01	CO32	3963	2774	1915	26/4/01	6390,29	SECA



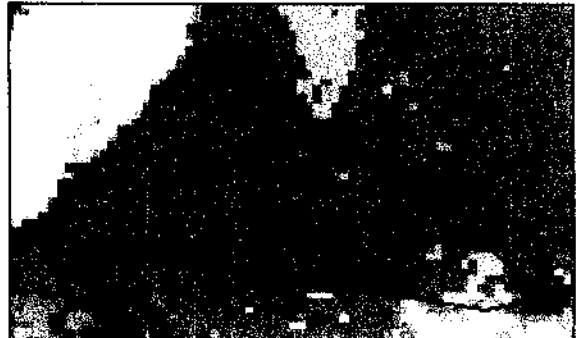
5/3/01



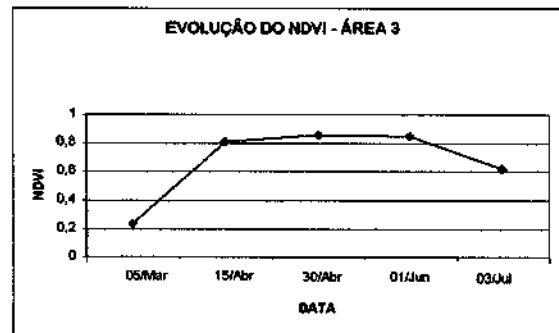
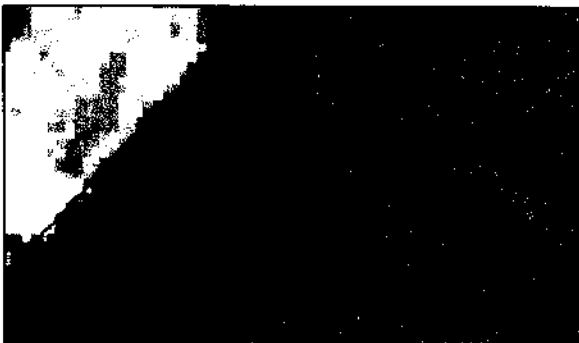
14/4/01



30/4/01



1/6/01



LAVOURA 4

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	32,31	02/03/01	AS3466	3719	2603	1266	25/4/01	5949	seca



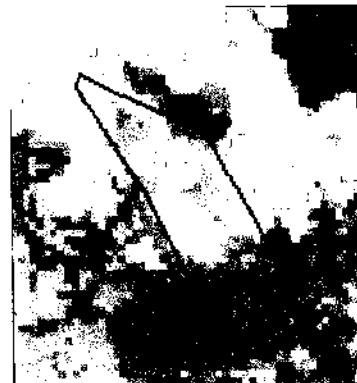
5/3/01



14/4/01



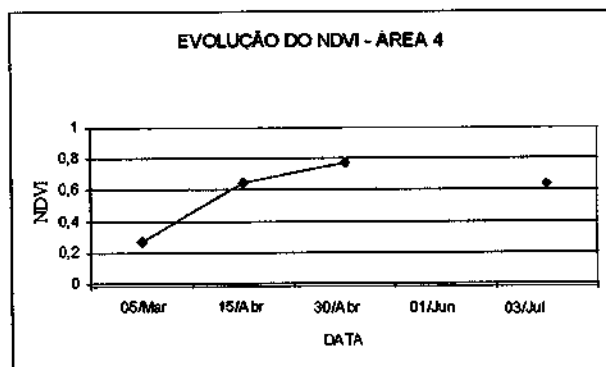
30/4/01



1/6/01



3/7/01

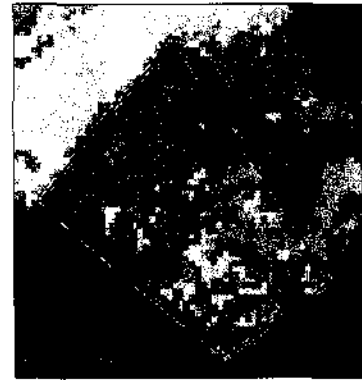


LAVOURA 5

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	90.95	10/2/01	C901	3557	2489	505	30/4/01	24946	seca



5/3/01



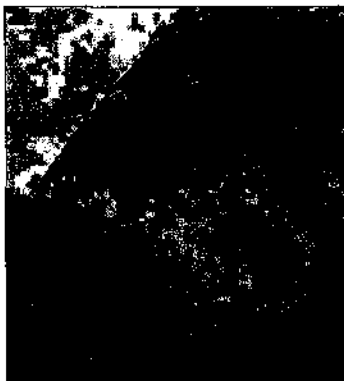
14/4/01



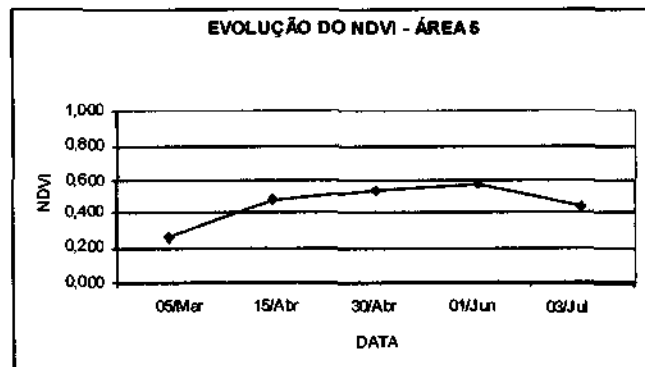
30/4/01



1/6/01



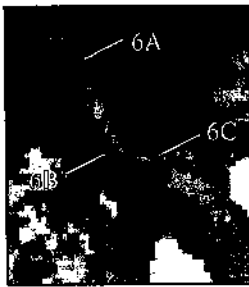
3/7/01



LAVOURA 6

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	25,80	14/3/01	C901,	4120	2884	4300	-	-	-

Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
6A	4,49	14/3/01	DKB440	4710
6B	10,54	14/03/01	TRAKTOR	4710
6C	10,77	14/3/01	EXCELER	3595



5/3/01



14/4/01



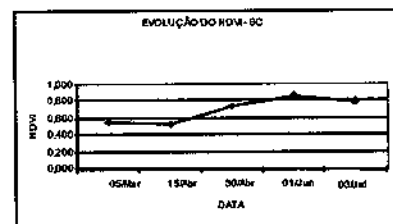
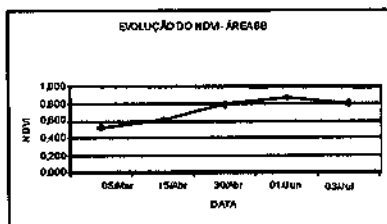
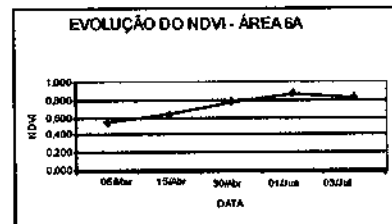
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 7

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	92,19	14/3/01	Graúna 133	4090	2863	1957	2/7/01	8613,91	geada



5/3/01



14/4/01



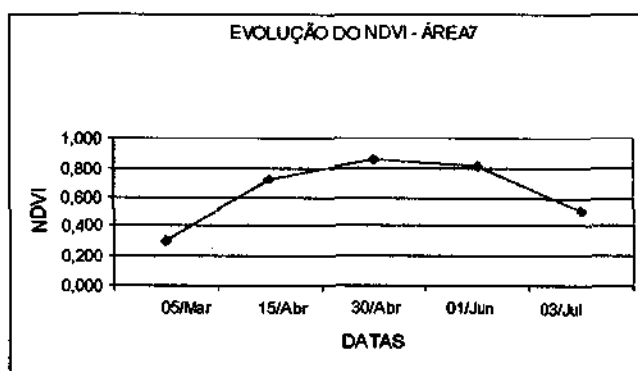
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 8

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C. Mota	30,68	3/3/01	Exceler e Z8550	4350	3045	3720	-	-	-



5/3/01



14/4/01



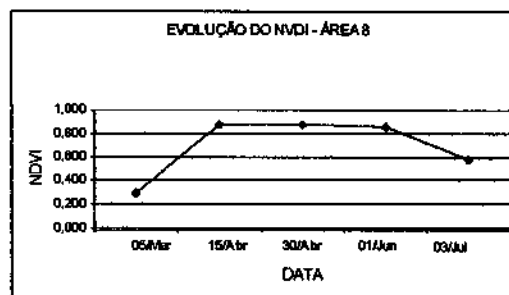
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 9

Município	Área (ha)	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C. Mota	46,27	3553	2487	1542	7/5/01	10195,83	seca

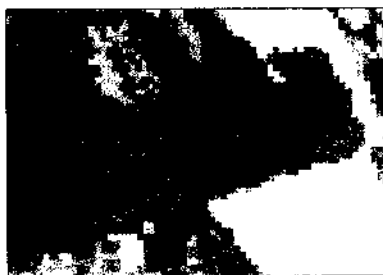
Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
9A	18,38	27/2/01	Z8550	2479
9B	15,71	13/3/01	Z8501	744
9C	12,18	27/2/01	Z8501	2479



5/3/01



14/4/01



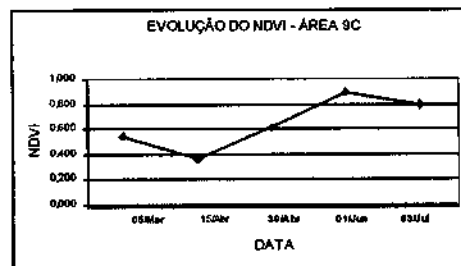
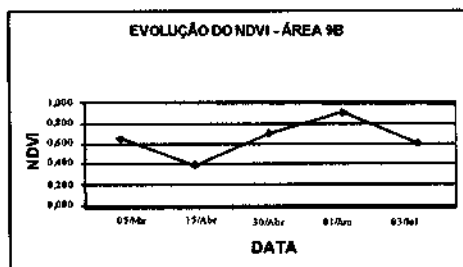
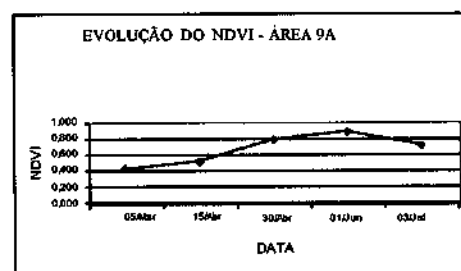
30/4/01



1/6/01

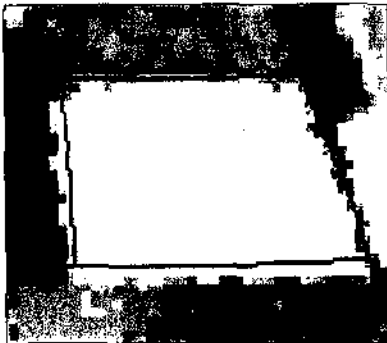


3/7/01



LAVOURA 10

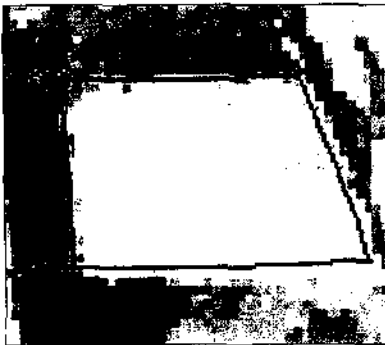
Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (RS)	Natureza do sinistro
C. Mota	51,95	22/2/01	Tork	3563	2494	3347	14/5/01	-	-



5/3/01



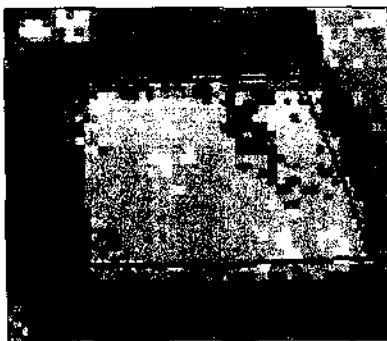
14/4/01



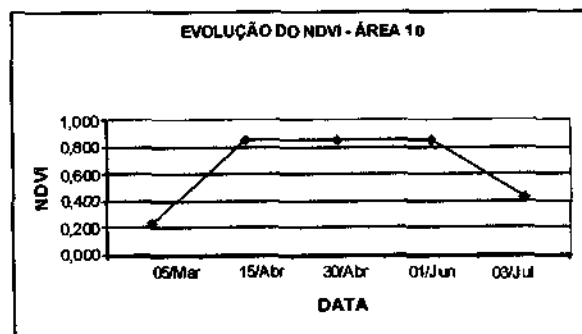
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 11

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (RS)	Natureza do sinistro
C. Mota	56,87	14/3/01	Excelsa	3563	2494	1039	14/05/01	6891,08	seca



5/3/01



14/4/01



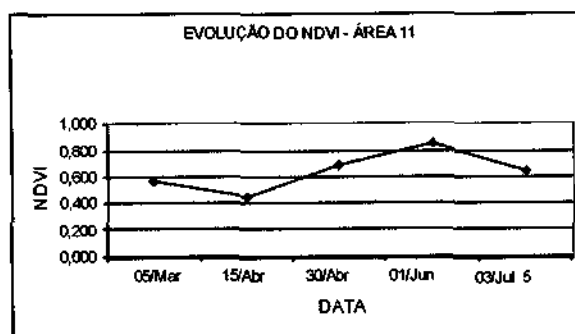
30/4/01



1/6/01



3/7/01

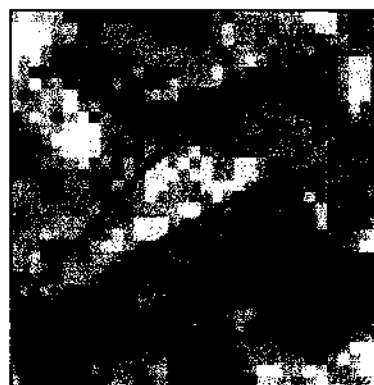


LAVOURA 12

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C. Mota	10,05	10/3/01	Traktor	4350	3045	3020	-	-	-



5/3/01



14/4/01



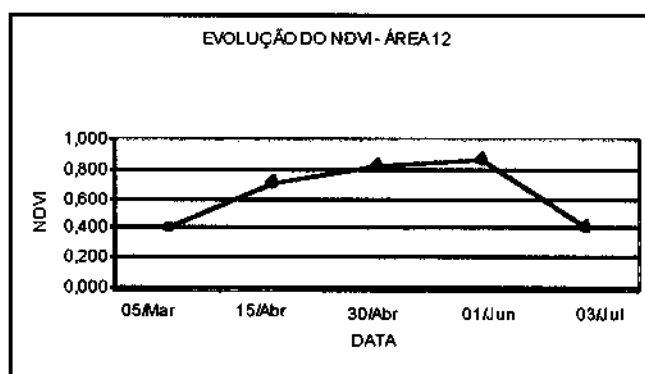
30/4/01



1/6/01

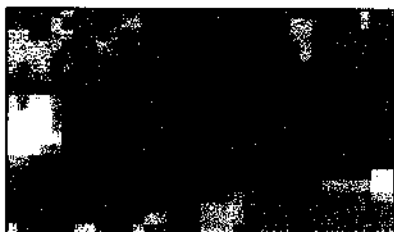


3/7/01



LAVOURA 13

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C. Mota	16,74	6/3/01	Master	4350	3045	2230	-	-	-



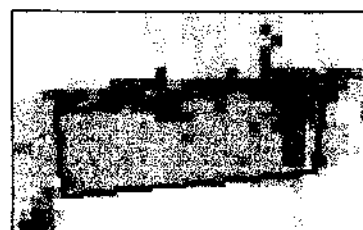
5/3/01



14/4/01



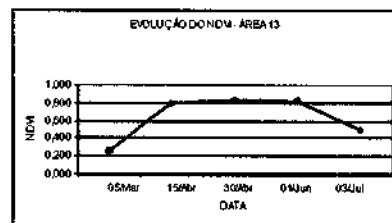
30/4/01



1/6/01

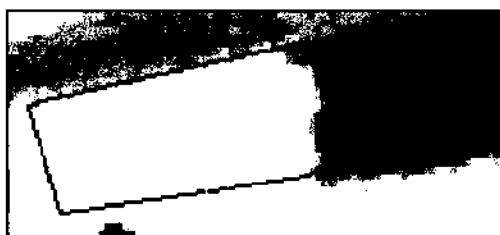


3/7/01



LAVOURA 14

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	28,36	13/3/01	Traktor	3850	2695	1893	25/4/01	11562,92	seca



5/3/01



14/4/01



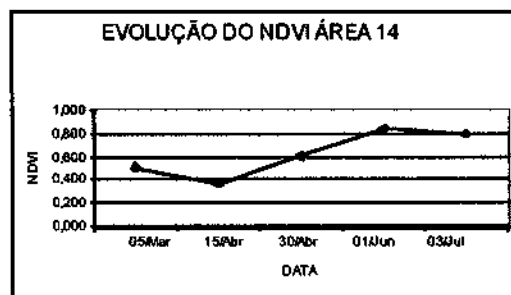
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 15

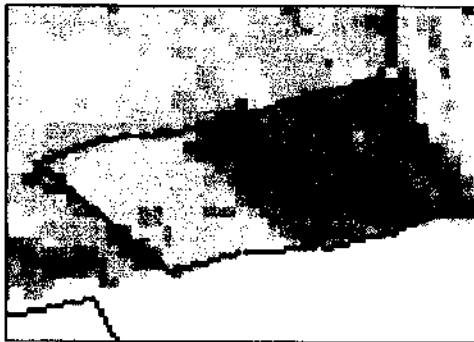
Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Mracá	68,78	13/3/01	Traktor	4215	2950	2300	26/4/01	960,45	seca



5/3/01



14/4/01



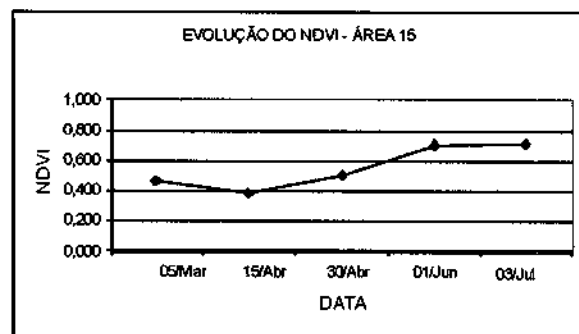
30/4/01



1/6/01

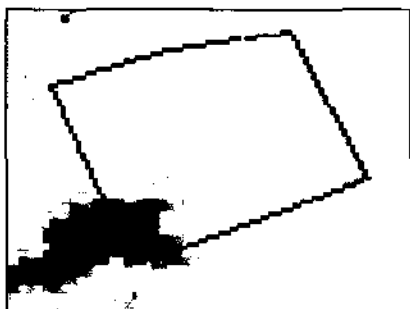


3/7/01



LAVOURA 16

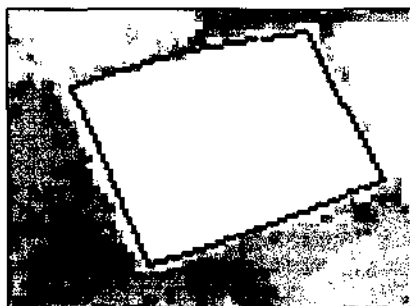
Município	Area	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	60,57	27/2/01	Master e Exceler	3847	2692	2600	-	-	-



5/3/01



14/4/01



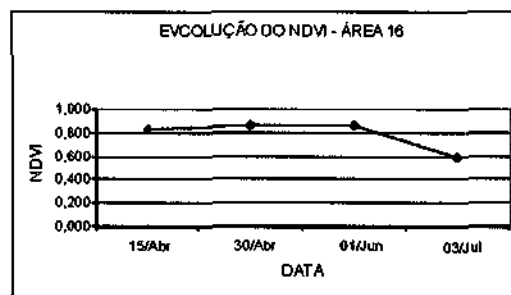
30/4/01



1/6/01



3/7/01

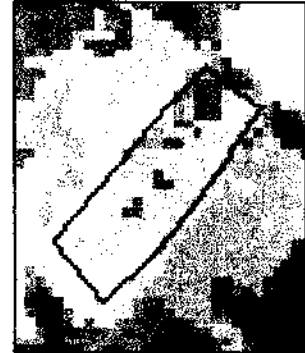


LAVOURA 17

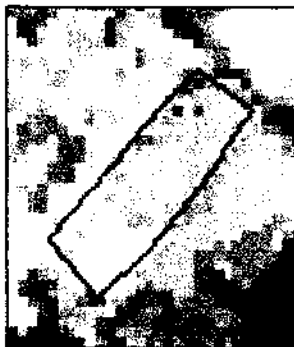
Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	14,65	1/3/01	AGN3050	3850	2695	1251	25/4/01	4431,51	seca



5/3/01



14/4/01



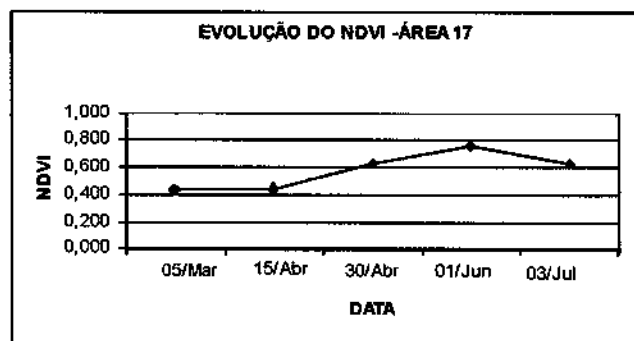
30/4/01



1/6/01



3/7/01

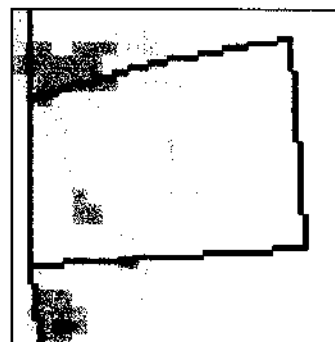


LAVOURA 18

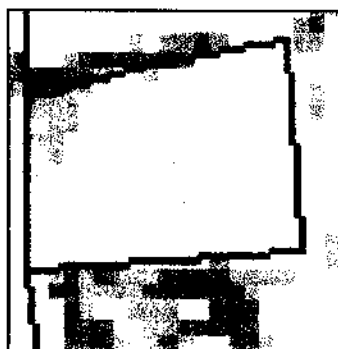
Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista		3/3/01	AGN3050	3471	2429	2600	-	-	-



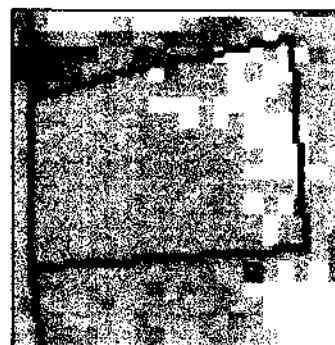
5/3/01



14/4/01



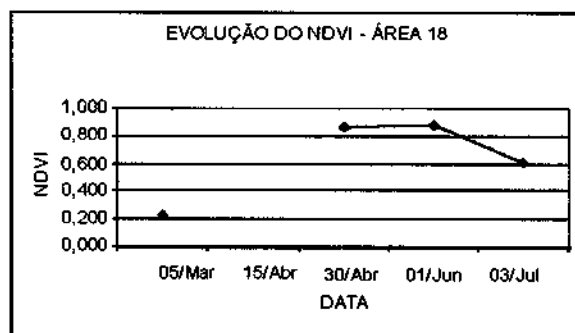
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 19

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	18,98	8/3/01	C125	3249	2274	1800	23/4/01	1505,32	vendaval



5/3/01



14/4/01



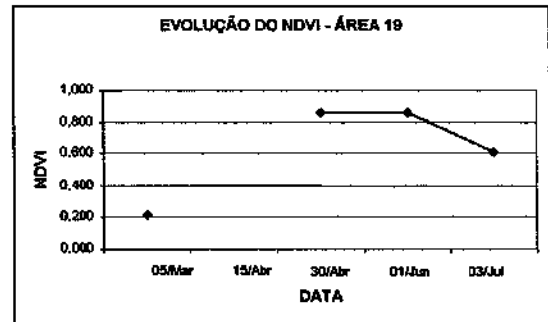
30/4/01



1/6/01

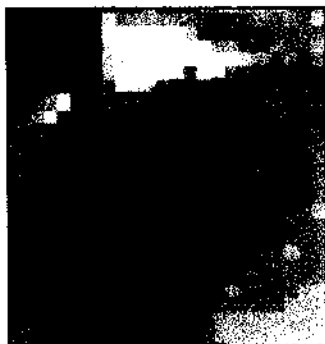


3/7/01

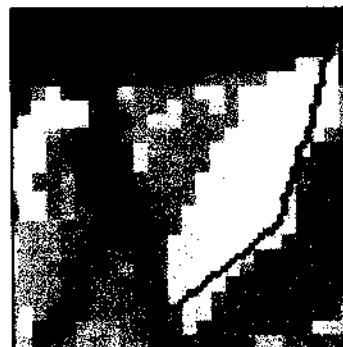


LAVOURA 20

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	11,16	14/3/01	AGN3050	3719	2603	2670	-	-	-



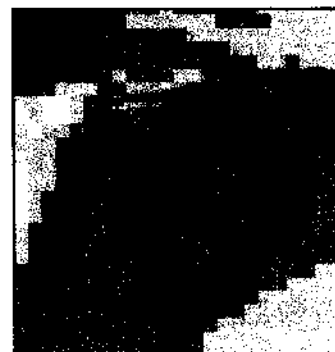
5/3/01



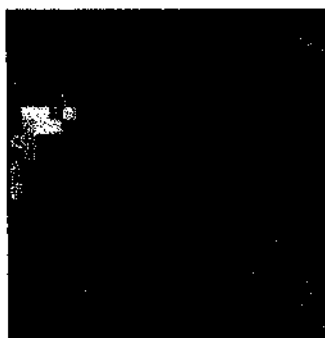
14/4/01



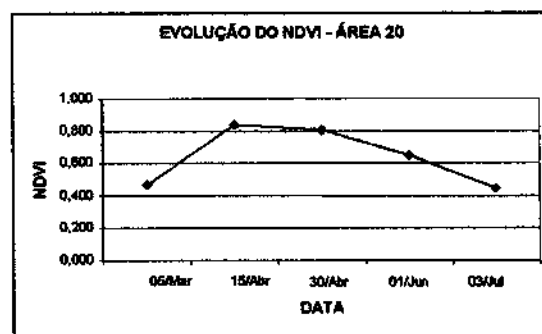
30/4/01



1/6/01

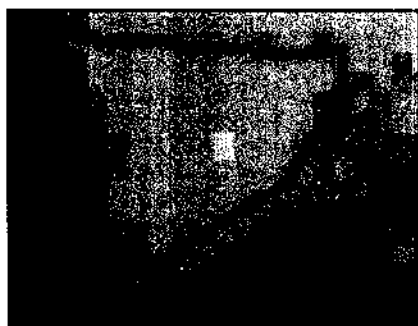


3/7/01

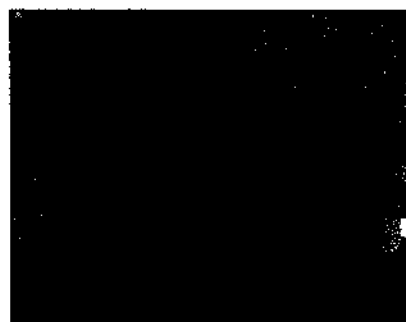


LAVOURA 21

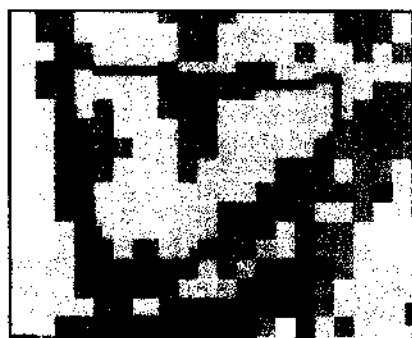
Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (RS)	Natureza do sinistro
P.Paulista	6,91	14/3/01	AGN3050	3381	2366	2700	-	-	-



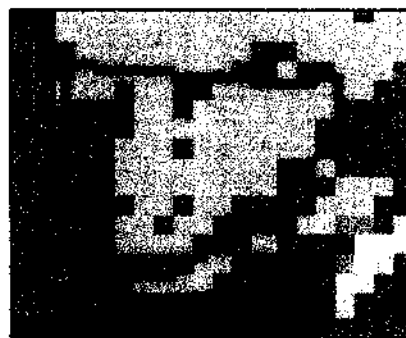
5/3/01



14/4/01



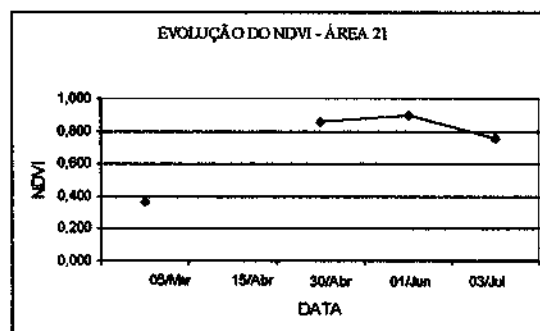
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 22A e B

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	36,15	5/3/01	C806 e AGN3050	3905	2733	5132	-	-	-



5/3/01



14/4/01



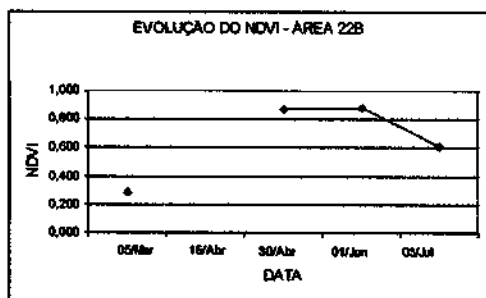
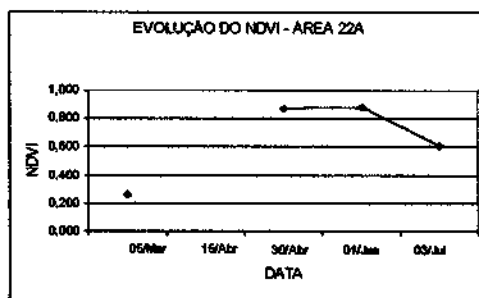
30/4/01



1/6/01

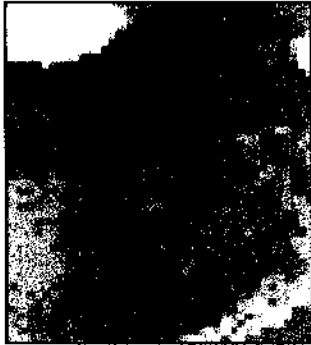


3/7/01



LAVOURA 23

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	32,89	11/3/01	Traktor	3709	2596	3300	-	-	-



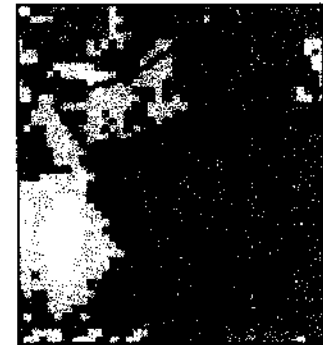
5/3/01



14/4/01



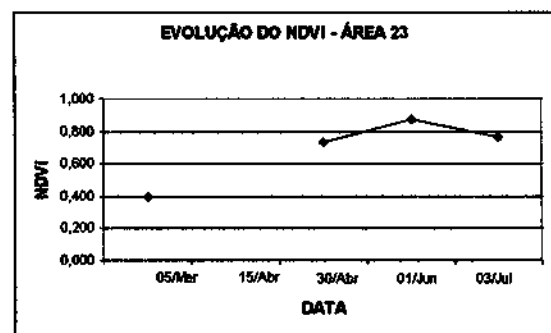
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 23

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	32,89	11/3/01	Traktor	3709	2596	3300	-	-	-



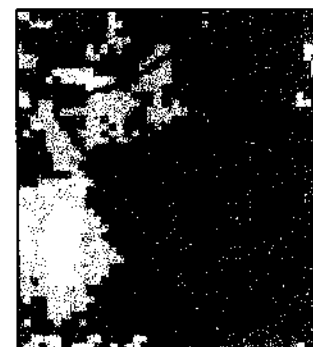
5/3/01



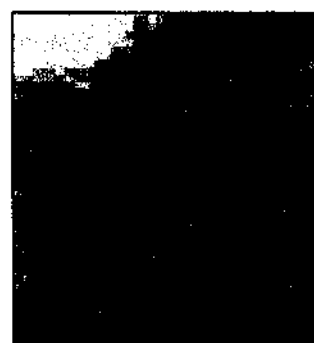
14/4/01



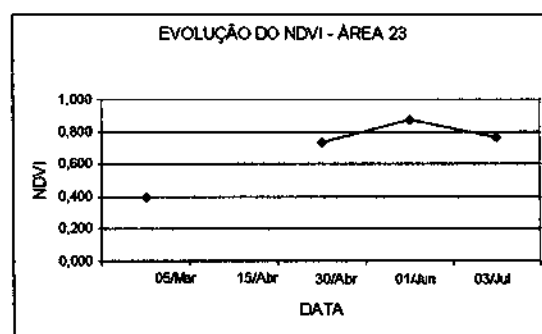
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 24

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	9,79	8/3/01	C901	3719	2603	1507	27/4/01	1468,43	seca



5/3/01



14/4/01



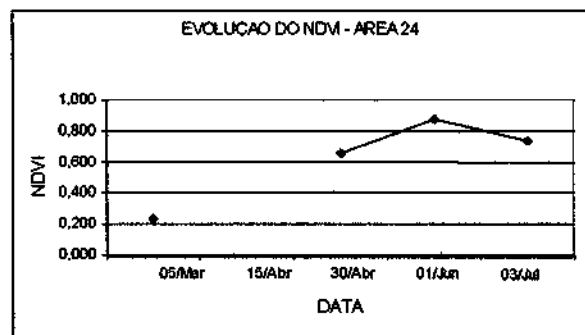
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 25

Município	Área	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	332,62	3902	2731	3720	-	-	-

Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
25A	88,81	12/3/01	C901	3967
25B	74,79	13/3/01	AGN3050	4215
25C	37,83	14/3/01	C901	3967
25D	61,66	3/3/01	EXCELER	3720
25E	31,71	8/3/01	AGN3050	4215
25F	21,38	5/3/01	C806	3347
25G	16,44	10/3/01	C806	4463



5/3/01



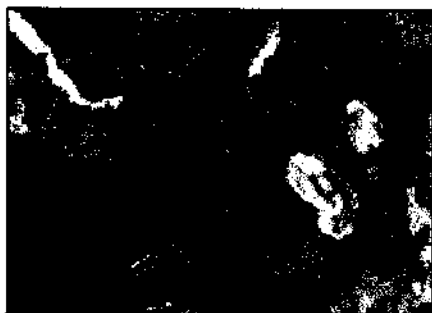
14/4/01



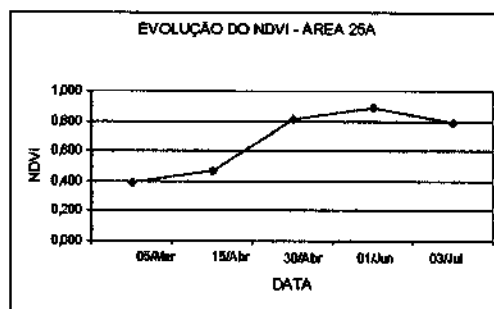
30/4/01

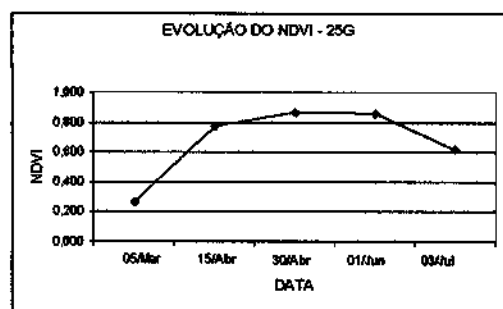
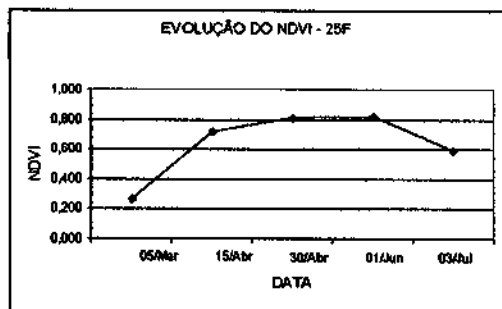
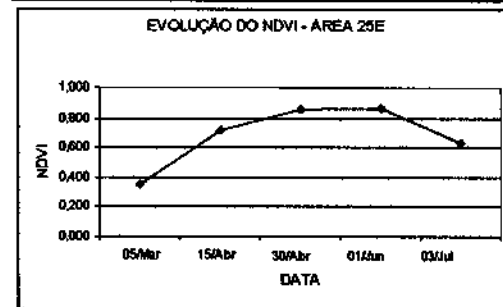
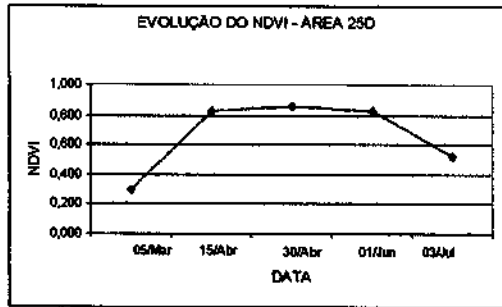
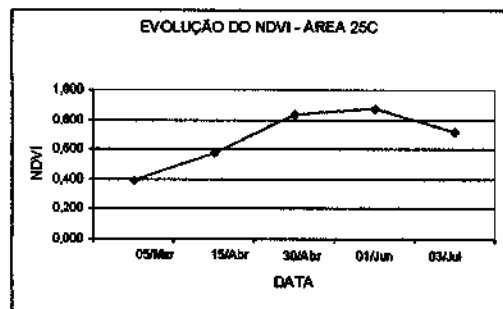
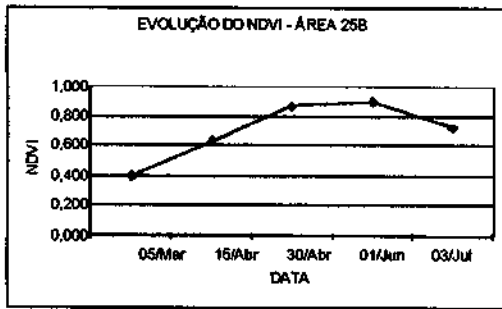


1/6/01



3/7/01





LAVOURA 26

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P. Paulista	15,57	3/3/01	Traktor	3000	2100	2500	-	-	-



5/3/01



14/4/01 (nuvem)



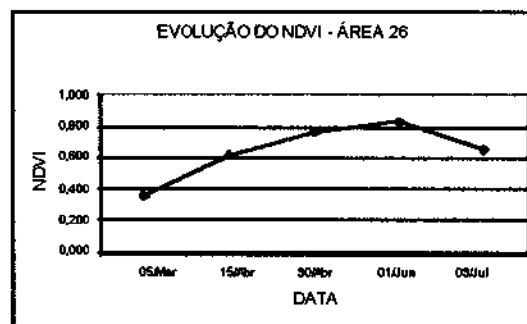
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 27

Município	Área (ha)	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Cruzália	504,12	3643	2550	2115	30/05/01	16227,88	seca

Parcela	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PO (kg/ha)
27A	53,21	20/3/01	EXCELER	2781
27B	74,31	26/2/01	SHS5070	1440
27C	46,82	24/2/01	TRAKTOR	2510
27D	40,17	10/2/01	AS3466	1627
27E	45,34	22/2/01	TRAKTOR	1852
27F	7,29	15/3/01	SHS5070	1635
27G	11,35	24/3/01	ENSAIO	3569
27H	13,48	15/3/01	SHS5070	1577
27I	24,37	19/3/01	TRAKTOR	1751
27J	11,03	15/3/01	EXCELER	1951
27K	38,91	15/3/01	AS3466 E EXCELER	2781
27L	13,49	15/3/01	SHS5070	1494
27M	35,01	10/3/01	TRAKTOR	2615
27N	23,61	20/3/01	CO32	2615
27O	10,55	8/3/01	EXCELER	1079
27P	34,48	8/3/01	EXCELER	2158
27Q	20,70	20/3/01	CO32	1826



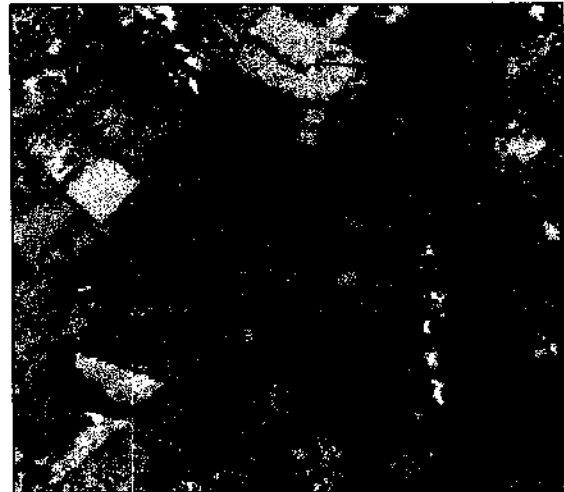
5/3/01



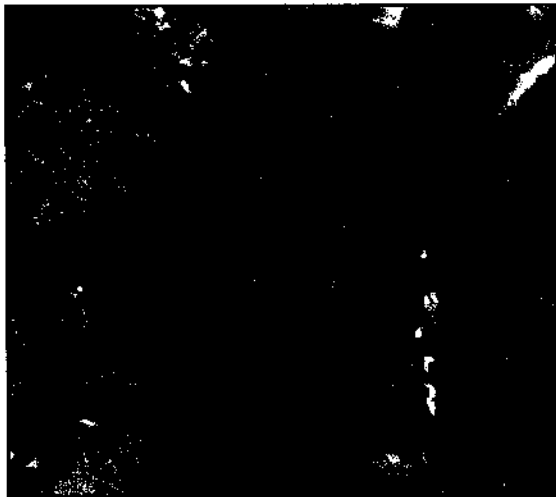
14/4/01



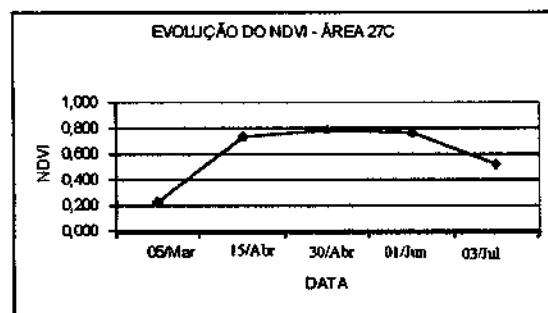
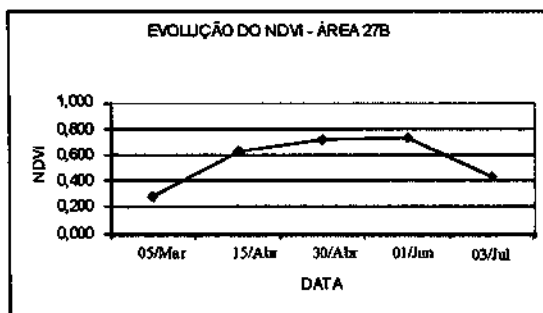
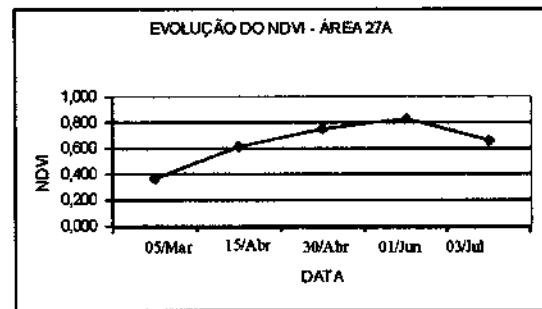
30/4/01

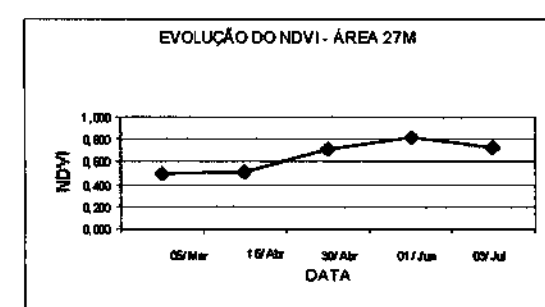
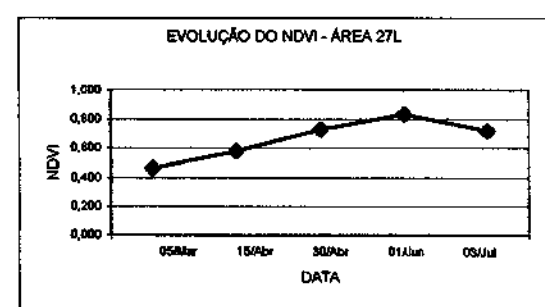
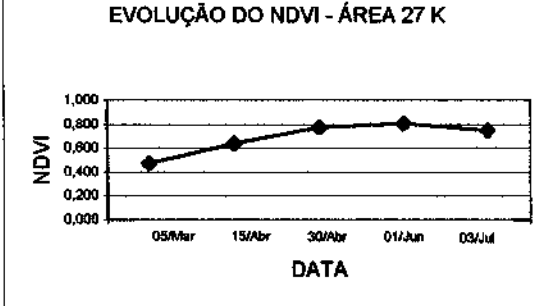
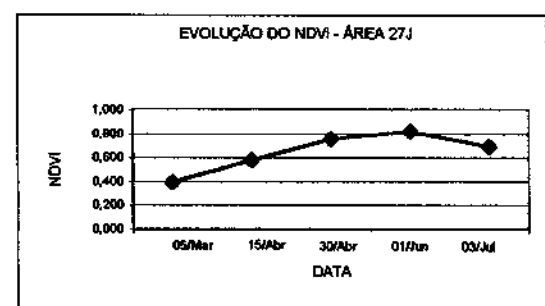
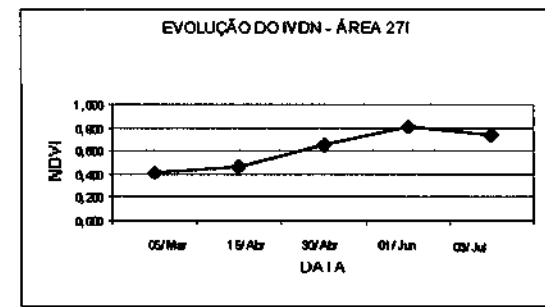
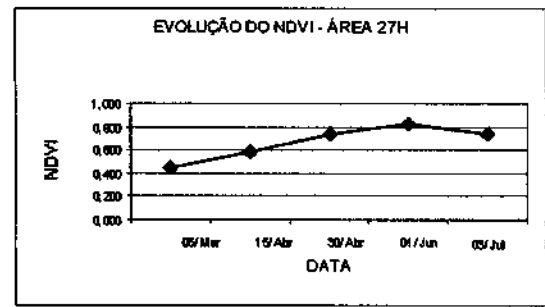
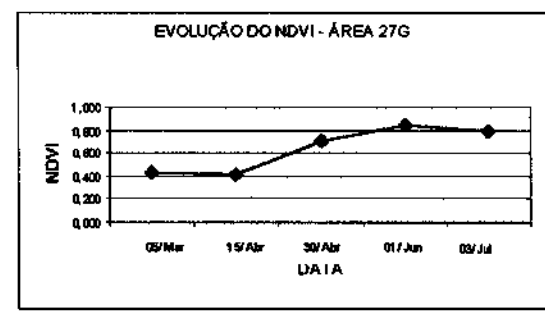
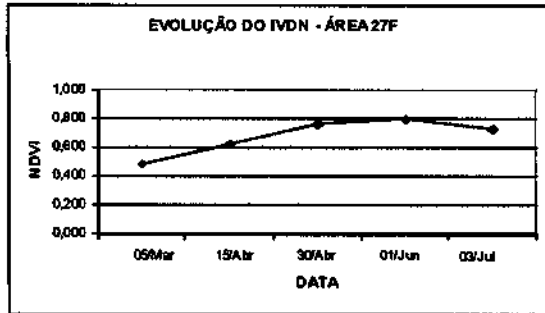
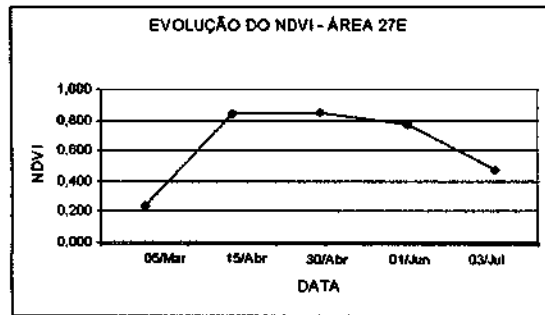
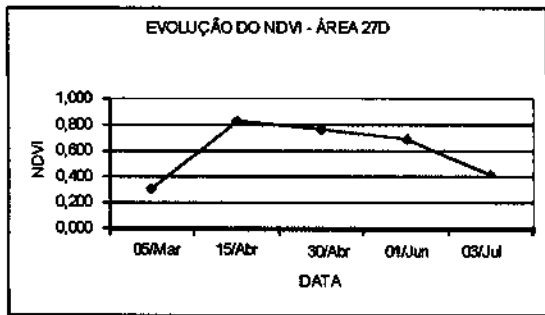


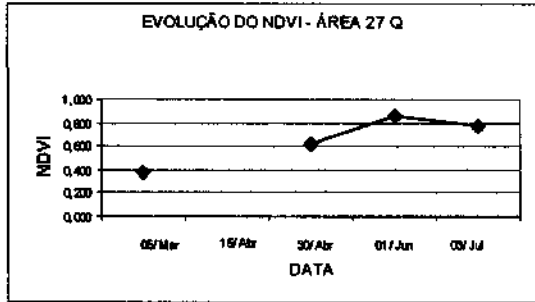
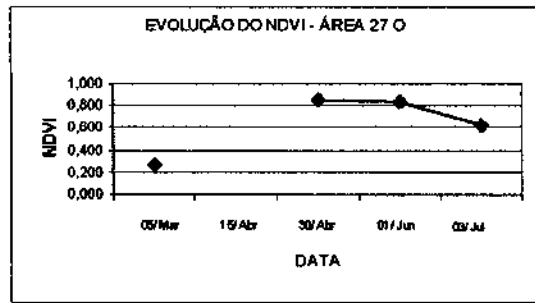
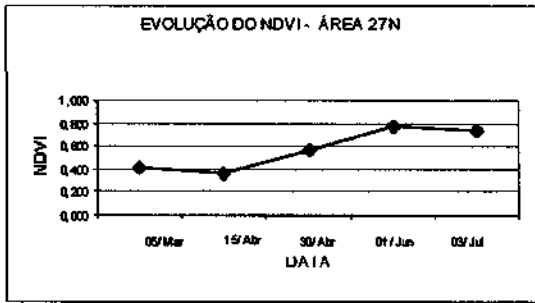
1/6/01



3/7/01







LAVOURA 28

Município	Área (ha)	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Maracá	18	15/3/01	Exceler	2500	2450	1640	26/4/01	1914,22	seca



5/3/01



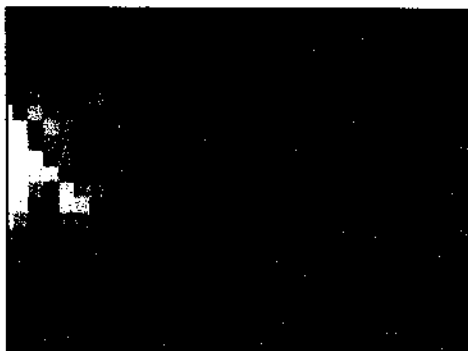
14/4/01



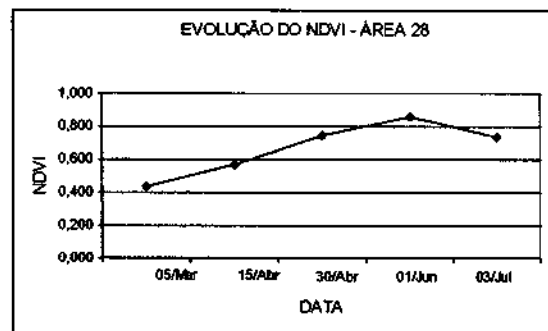
30/4/01



1/6/01



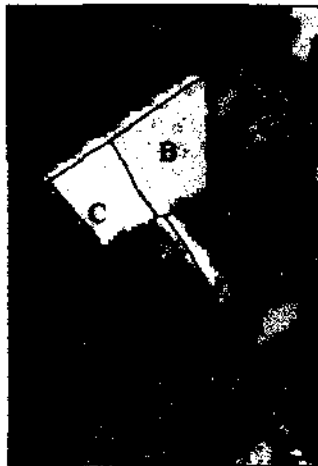
3/7/01



LAVOURA 29

Município	Área	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C. Mota	223,27	3397	2377	3200	-	-	-

Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
29A	62,20	17/3/01	AGN3050	2975
29B	39,71	1/3/01	AGN3180	1735
29C	29,53	6/3/01	AGN3050	1735
29D	48,83	22/3/01	AGN3180	2975
29E	43,00	16/3/01	AGN3050	2975



5/3/01



14/4/01



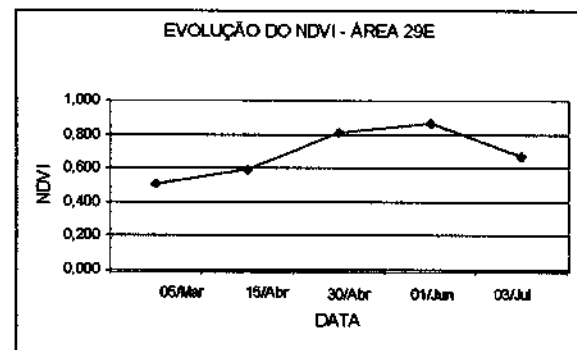
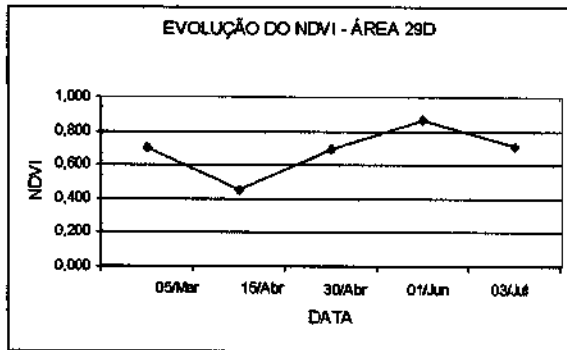
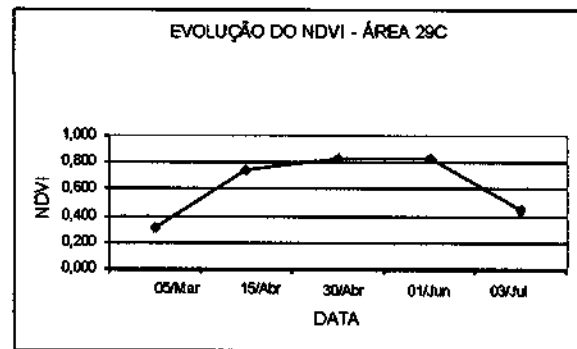
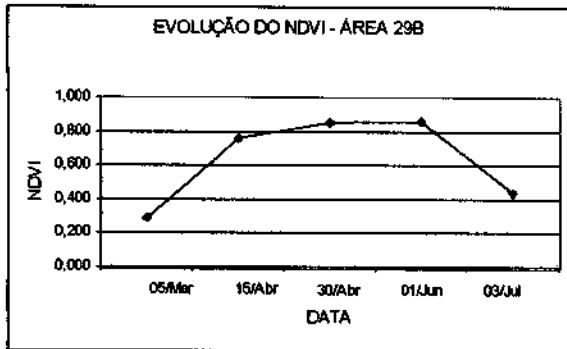
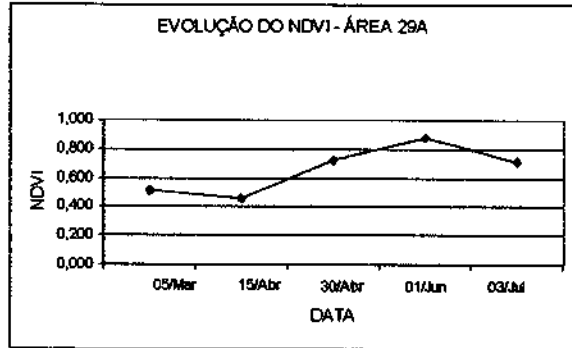
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 30

Município	Área	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C.Mota	29,11	4350	3045	3970	-	-	-

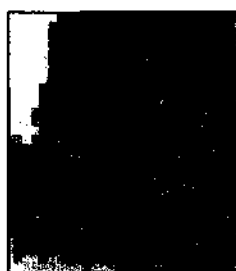
Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
30A	14,72	12/3/01	TRAKTOR E /CÔDETEC 3121	3720
30B	14,39	13/3/01 12/3/01	EXCELÉR	3966



5/3/01



14/4/01



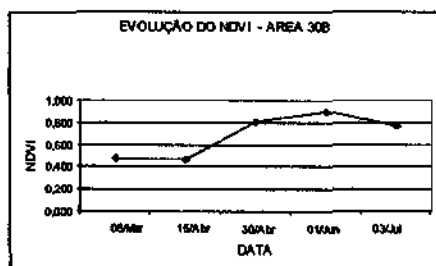
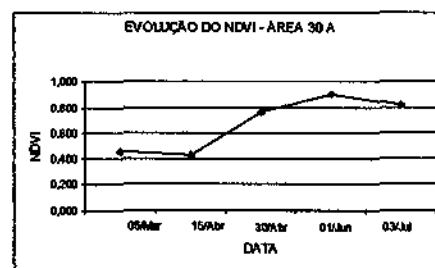
30/4/01



1/6/01

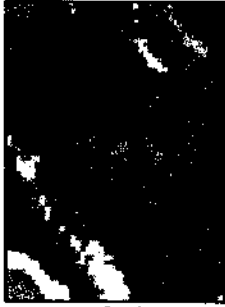


3/3/01



LAVOURA 31

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C. Mota	66,58	12/3/01	Excelsa	4350	3045	3970	-	-	-



5/3/01



14/4/01



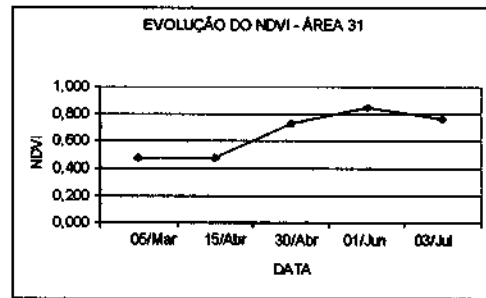
30/4/01



1/6/01



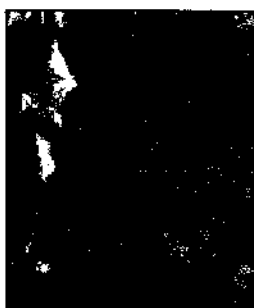
3/7/01



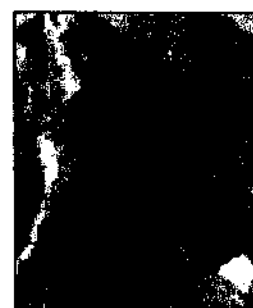
LAVOURA 32

Município	Área	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (RS)	Natureza do sinistro
C.Mota	182,68	4500	3150	3220	-	-	-

Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
32A	42,13	6/3/01	Exceler	3099
32B	140,55	13/3/01	Traktor	3720



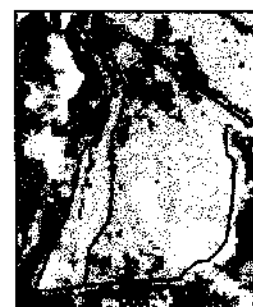
5/3/01



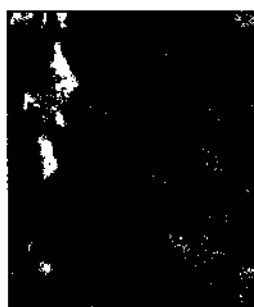
14/4/01



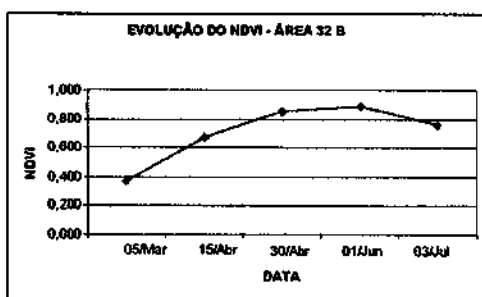
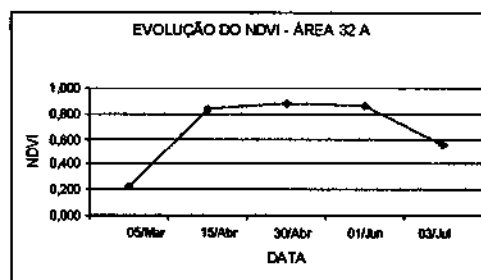
30/4/01



1/6/01



3/7/01



LAVOURA 33

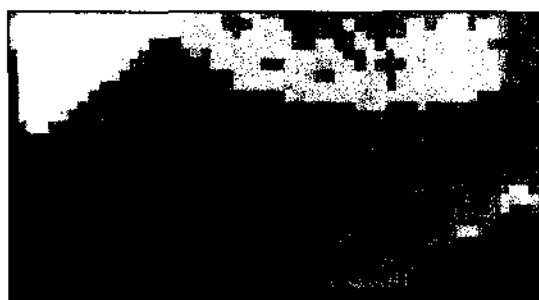
Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
C.Mota	35,09	13/3/01	Traktor	3720	2604	3720	-	-	-



5/3/01



14/4/01



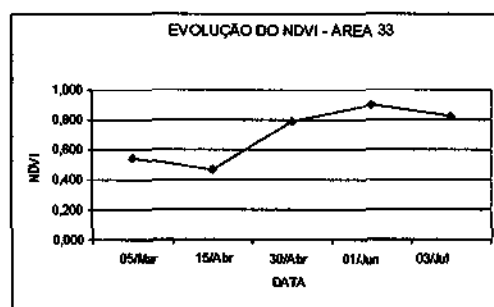
30/4/01



1/6/01

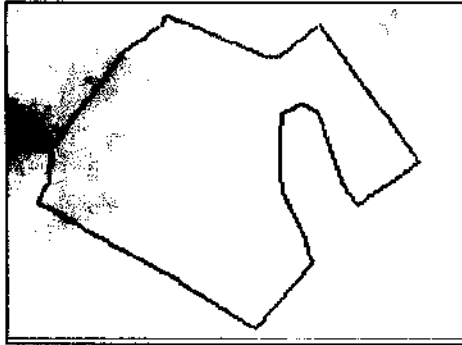


3/7/01

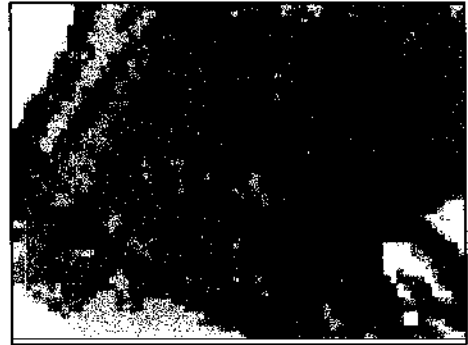


LAVOURA 34

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Palmital	94,86	17/3/01	Excelsa	-	-	2480	-	-	-



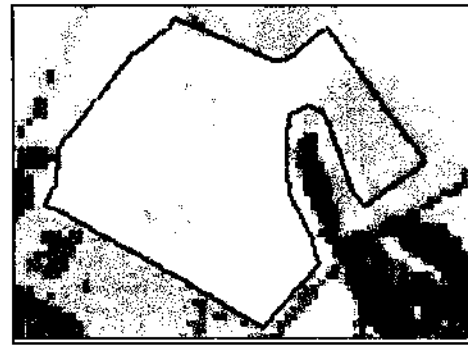
5/3/01



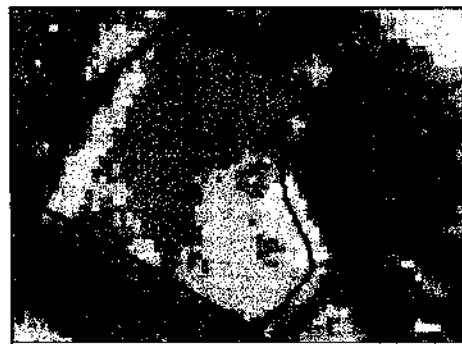
14/4/01



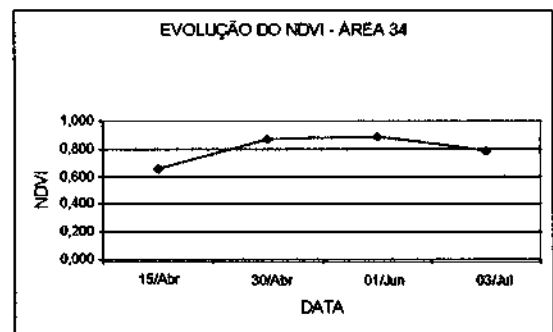
30/4/01



1/6/01



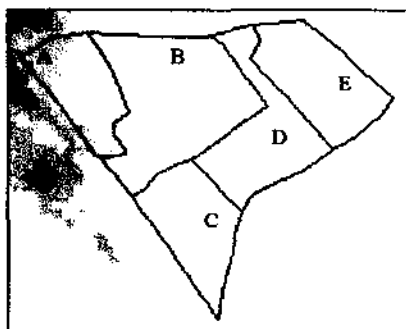
3/7/01



LAVOURA 35

Município	Área	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
Palmital	105,5	-	-	3220	-	-	-

Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
35A	14,74	12/2/01	Tork	1735
35B	33,82	26/2/01	Exceler	2727
35C	17,24	12/2/01	C901	1735
35D	19,92	26/2/01	C909	2479
35E	19,78	26/2/01	C747	3471



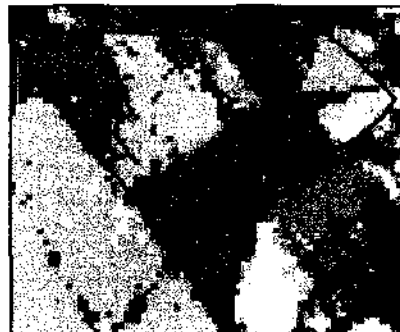
5/3/01



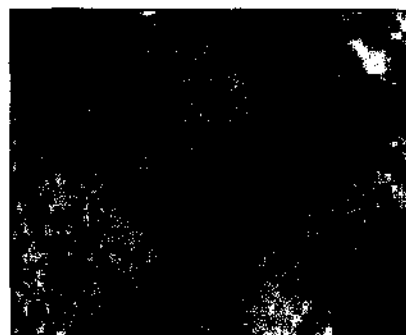
14/4/01



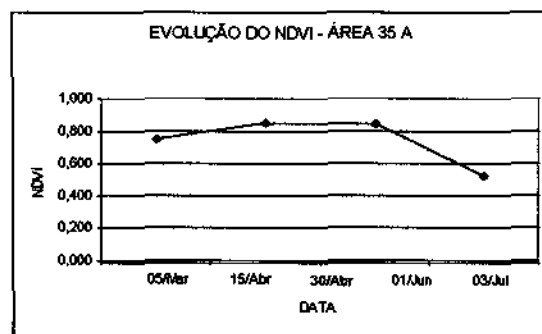
30/4/01

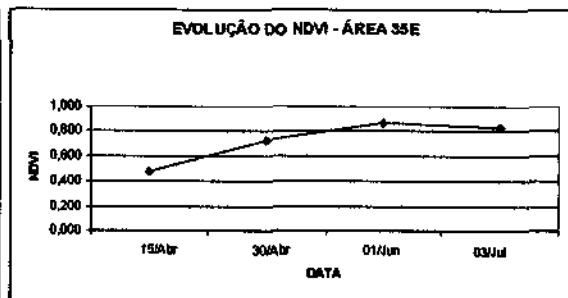
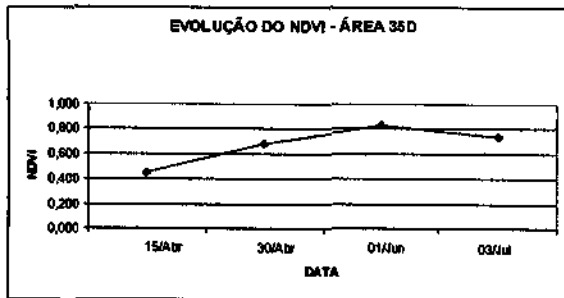
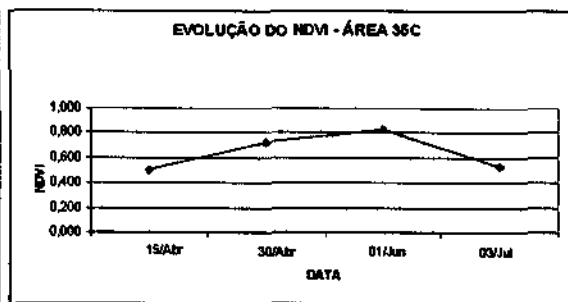
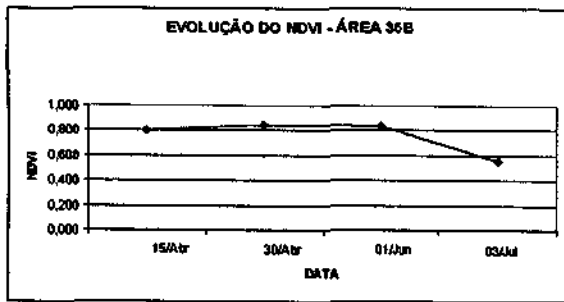


1/6/01



3/7/01





LAVOURA 36

Município	Área (ha)	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (RS)	Natureza do sinistro
C. Mota	41,16	4159	2911	1501	25/4/01	7317,34	seca

Parcela	Área	Plantio	Híbrido	PO
36A	12,45	14/3/01	AG303	1239
36B	15,26	5/3/01	AG303	1735
36C	13,45	14/3/01	AG303	1239



5/3/01



14/4/01



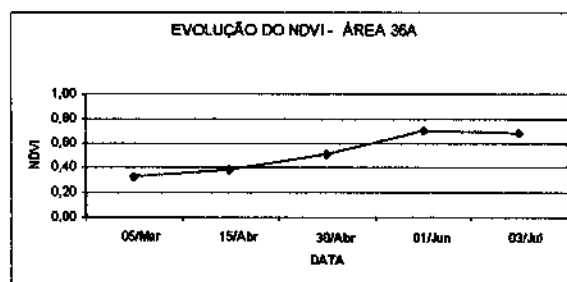
30/4/01

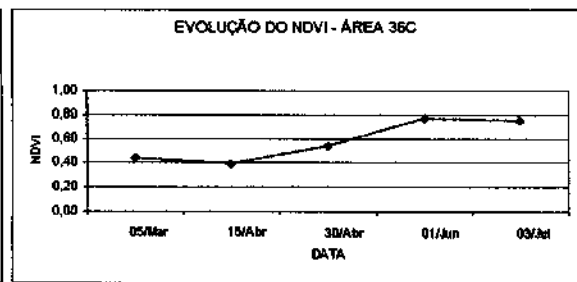
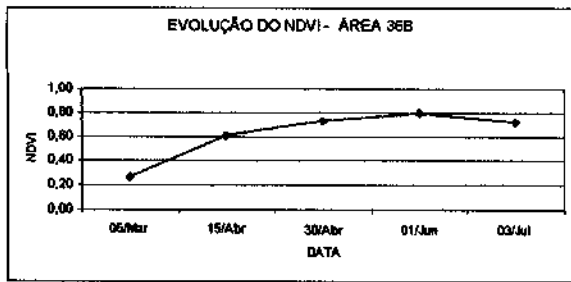


1/6/01



3/7/01





LAVOURA 37

Município	Área	Plantio	Híbrido	PE	PS	PO	Aviso do sinistro	Valor da indenização (R\$)	Natureza do sinistro
P.Paulista	8,87	8/3/01	Traktor	4156	2909	2980	-	-	-



5/3/01



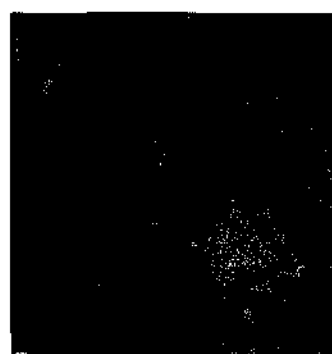
14/4/01 (nuvem)



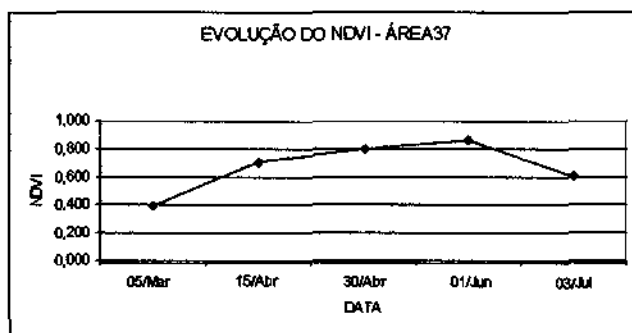
30/4/01



1/6/01



3/7/01



APÊNDICE F - FÓRMULA PARA CÁLCULO DO PERCENTUAL DE PREJUÍZO E INDENIZAÇÃO

Cálculo do Percentual de Prejuízo, o qual corresponde à quebra de produção em relação à produção esperada:

$$PP = 100 - (PO \times 100) / PE$$

onde:

PP = Percentual de prejuízo;

PO = Produtividade obtida/final estimada na área efetivamente plantada, conforme laudo de ocorrência final; e

PE = Produção esperada na área segurada, constante da proposta de seguro, ou laudo de inspeção prévia de risco, quando houver.

Cálculo da Indenização, utilizado em caso de sinistro com perda parcial.

$$I = IS \times (PP/100) \times (100-F/100)$$

onde:

I = Indenização;

IS = Importância segurada;

PP = Percentual de prejuízo; e

F = Franquia.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-9091-RPQ/733

**RELATÓRIO DA FASE I DO PROJETO TECNOLOGIAS
GEOESPACIAIS NO SEGURO AGRÍCOLA
DO MILHO SAFRINHA**

Mariza Alves de Macedo
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff

INPE
São José dos Campos
2002

Agradecimentos

**A Aliança do Brasil Companhia de Seguros pelo suporte financeiro e concessão de dados;
Paulo Sérgio Netto e Dirceu Guimarães Junior da Valeplan Planejamento e Assessoria
Agropecuária Ltda. pelo apoio prestado durante os trabalhos a campo;
Aos Agricultores da Região de Assis, pelas informações cedidas e atenção dispensada;
Ao INPE e ao CNPq pelo suporte financeiro.**

RESUMO

O emprego de tecnologias geoespaciais no monitoramento e avaliação da produção de lavouras seguradas pode representar um avanço significativo no aumento da participação de empresas privadas no ramo do seguro agrícola no Brasil. O objetivo desse trabalho foi avaliar estas tecnologias através do uso de imagens de satélites de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica (SIG) em 37 lavouras de milho safrinha, durante a safra de 2001, na região de Assis, São Paulo. Cinco imagens dos satélites da série Landsat foram adquiridas em diferentes estádios fenológicos da cultura. O monitoramento das lavouras foi realizado a partir da análise visual das imagens e da evolução temporal do NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada). Por meio da análise visual das imagens foi possível distinguir lavouras bem desenvolvidas e uniformes de lavouras mal desenvolvidas e falhadas, as quais devem ser vistoriadas em campo para avaliação do tipo e magnitude do dano. Os valores do NDVI confirmaram, quantitativamente, o resultado da análise visual indicando que lavouras bem desenvolvidas tiveram valores de NDVI bem mais altos do que lavouras mal desenvolvidas e com sinistro. A análise de regressão mostrou que o NDVI explicou 54% da variação da produtividade observada. Como seca foi o principal fator de sinistro, foi realizada a simulação de um balanço hídrico para cálculo do ISNA (Índice de Satisfação das Necessidades de Água) das lavouras de milho safrinha a fim de avaliar o dano em resposta ao déficit hídrico. Todavia, o ISNA não explicou adequadamente a variação na produtividade observada. O uso do aparelho de Sistema de Posicionamento Global (GPS) de navegação em conjunto com a imagem Landsat permitiu obter, de forma rápida e precisa, os limites das lavouras seguradas. Os resultados mostraram que as imagens de sensoriamento remoto são instrumentos fundamentais na estimativa dos danos cobertos pelo seguro agrícola e devem ser utilizadas para auxiliar e otimizar as indispensáveis vistorias em campo em caso de sinistro.

ABSTRACT

The use of geospatial technologies to monitor and evaluate crop production in insured crop fields may represent a significant advancement towards a greater participation of private companies in the branch of crop insurance in Brazil. The objective of this work was to evaluate these technologies through the use of both remote sensing satellite images and geographic information system (GIS), in 37 corn fields grown during the winter season of 2001, in the region of Assis, São Paulo State. Five images from the Landsat satellite series were acquired at different phenological crop stages. Corn fields were monitored through both visual analysis and temporal trend of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Through visual analysis it was possible to distinguish well developed and uniform crop fields from poor developed and lacked crop fields. The last ones are crop fields that have to be field inspected to evaluate the kind and magnitude of damage. The NDVI values confirmed, quantitatively, the visual analysis result indicating that well developed crop fields had much higher NDVI values than poor developed and damaged crop fields. The regression analysis showed that NDVI explained 54% of observed crop yield variation. Since drought was the major damage factor, a water balance simulation was performed to evaluate crop damage in response to water stress by computing a penalizing factor for corn crop. However, the penalizing factor did not explain the variation in observed crop yield. The use of a navigation GPS (Global Positioning System) together with a Landsat image allowed to obtain, in a quick and precise manner, the limits of the insured crop fields. The results showed that remote sensing images are fundamental tools to estimate crop damage covered by crop insurance and they should be used to help and optimize the unavoidable field inspection in case of damage.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1- Sensoriamento remoto	11
2.2 - Atenuação dos efeitos atmosféricos.....	12
2.3 - Sistema Landsat	13
2.4 - Sensoriamento remoto na agricultura	14
2.5 - Milho safrinha.....	18
2.6 - Adversidade climática e produtividade agrícola.....	20
2.7 - Seguridade agrícola no Brasil.	21
2.8 - Geoprocessamento	23
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODO	24
3.1 - Área de estudo.....	24
3.2 - Milho safrinha na região de estudo.....	26
3.3 - Obtenção do limite das áreas seguradas	27
3.4 - Imagens do satélite Landsat	31
3.5 - Índice de Penalização	33
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 - Obtenção do limite das lavouras	37
4.2 - Sinistros no milho safrinha	38
4.3 - Análise dos valores de NDVI.....	41
4.4 - Índice de Satisfação das Necessidades de água - ISNA	51
4.5 - Análise dos resultados do seguro agrícola para o ano safra de 2001.....	51
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICE A - EXEMPLO DE ARQUIVO COM PARÂMETROS USADOS NA ATENUAÇÃO DOS EFEITOS ATMOSFÉRICOS PELO MODELO 6S	64

APÊNDICE B - VALORES DECENIAIS DE COEFICIENTES DE CULTURA (kc) POR LAVOURA	65
APÊNDICE C - Duração do ciclo e estádios fenológicos de cada lavoura por data de plantio	90
APÊNDICE D - Valores de capacidade de armazenamento de água no solo obtidos a partir das amostras coletadas em campo de solos representativos da área de estudos	92
APÊNDICE E - Evolução temporal do NDVI e imagens das lavouras em cinco datas de passagem do satélite.....	93
APÊNDICE F - Fórmula para o cálculo do percentual de prejuízo e indenização	138

LISTA DE TABELAS

2.1- Evolução da cultura do milho safrinha nos principais Estados produtores e no Brasil.....	19
3.1 - Lavouras selecionadas na área de Estudo.....	28
3.2 - Data de aquisição das imagens.....	32
3.3 - Estações pluviométricas localizadas na área de estudo	34
3.4 - Coeficiente de cultura (kc) em função dos valores de graus-dia (GD) para cultivares super-precoce e precoce	34
3.5 - Relação entre temperatura base e graus-dia desde a emergência para distintos cultivares de milho e distintas fases fenológicas	36
4.1 - Valores de produtividade esperada (PE), produtividade segurada (PS), produtividade obtida na safra corrente (PO), data de aviso do sinistro, valores da indenização e natureza do sinistro	38
4.2 - Valores de NDVI nas cinco datas de passagem do satélite, produtividade observada (kg ha^{-1}) e valores do ISNA.....	42
4.4 - Análise das lavouras sinistradas na área de estudo.....	53

LISTA DE FIGURAS

2.1 - Curva de reflectância típica de uma folha verde.....	15
2.2 - Fatores que interferem na resposta espectral de um pixel.....	16
2.3 - Percentual de sinistros em função da natureza do fator de perda em lavouras de milho safrinha seguradas no Estado de São Paulo no período compreendido entre 1994-1996.....	22
2.4 - Percentual de sinistros em função da época de semeadura em lavouras de milho safrinha seguradas no Estado de São Paulo no período compreendido entre 1994-1996	22
3.1 - Localização da área de estudo	25
3.2 - Fluxograma ilustrativo das etapas de trabalho	26
3.3 - Exemplo de obtenção do limite das lavouras com GPS e imagens de satélite	27
4.1 - Correlação entre a área estimada com GPS e imagens Landsat e área segurada para 18 lavouras	37
4.2a - Percentual de ocorrência de sinistros em todas as lavouras seguradas nos municípios da área de estudo	40
4.2b - Percentual de ocorrência de sinistros nas lavouras acompanhadas no presente trabalho	40
4.3 - Precipitação pluvial observada em estações pluviométricas localizadas nos municípios da área de estudo	41
4.4 - Gráficos da variação temporal do NDVI observada ao longo das cinco passagens do satélite Landsat em 8 lavouras bem desenvolvidas	46
4.5 - Gráficos da variação temporal do NDVI observada ao longo das cinco passagens do satélite Landsat em 4 lavouras sob estresse hídrico	47
4.6 - Consequência da falha na aplicação do dissecante por ocasião do plantio direto na Lavoura 27b	49
4.7 - Baixo vigor e desenvolvimento em função de um período prolongado de seca na fase inicial de desenvolvimento da lavoura 5	49

4.8 - Regressão dos valores de NDVI da fase sensível da cultura com a produtividade observada em 37 lavouras	50
4.9 - Área das lavouras seguradas com milho safrinha	52
4.10 Gráfico produtividade observada mínima vs. produtividade segurada.....	54
4.11a - Histograma do percentual de prejuízo	54
4.11b - Gráfico percentual de prejuízo vs. produtividade segurada	54

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A participação de empresas privadas no seguro agrícola no Brasil tem sido limitada tanto pela complexidade dos riscos que envolvem esta atividade, quanto pelas altas taxas de sinistralidade decorrentes da perda da produção agrícola. Um avanço significativo foi alcançado na determinação das regiões com condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento de diferentes culturas, através do Zoneamento Agrícola. Todavia, o acompanhamento das lavouras seguradas, a fim de verificar danos decorrentes de fenômenos meteorológicos, doenças e pragas, ainda se encontra incipiente.

A avaliação periódica *in loco* de lavouras seguradas torna-se impraticável quando um grande número de propriedades rurais precisa ser vistoriado. Nesse contexto, as imagens de satélites de observação da superfície terrestre, aliadas às técnicas de geoprocessamento, permitem realizar de forma sistemática, o acompanhamento individualizado de lavouras em grandes áreas.

Nos últimos anos cresceu a disponibilidade de imagens de satélite de observação da Terra, também conhecidos como satélites de sensoriamento remoto, o que tem viabilizado o uso destas imagens para fins de monitoramento da atividade agrícola. Diversos estudos foram realizados durante os últimos trinta anos com o intuito de estabelecer relações entre os dados gravados nessas imagens e parâmetros agrônômicos tais como índice de área foliar e produtividade agrícola. A disponibilidade de modernas ferramentas computacionais de análise espacial, em Sistema de Informações Geográficas, e do Sistema de Posicionamento Global (GPS), entre outros, são tecnologias que permitem inúmeras aplicações que incluem: o cadastro georreferenciado de imóveis rurais, a identificação e mapeamento de lavouras, o monitoramento da condição de crescimento e desenvolvimento de culturas, etc.

Apesar da disponibilidade desse conjunto de tecnologias, não se dispõe de uma metodologia que as utilize no sentido de integrar dados e gerar informações úteis para o processo de seguridade agrícola. Diante disso, as imagens de satélite aliada às técnicas de geoprocessamento, são hoje instrumentos de indiscutível potencial, configurando-se como

uma alternativa objetiva, rápida, e possivelmente menos onerosa que a supervisão *in loco*, no levantamento de informações sobre as lavouras seguradas.

Um alvo de grande interesse para o seguro agrícola é a modalidade de cultivo conhecida como milho safrinha ou milho de segunda safra. Trata-se do milho cultivado extemporaneamente, quase sempre depois da soja precoce entre os meses de fevereiro e abril, o qual tem se configurado como uma das principais culturas de outono-inverno nos estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná.

No Estado de São Paulo, a região do Médio Vale do Paranapanema é a principal região produtora de milho safrinha, e foi escolhida no presente trabalho para se testar algumas tecnologias disponíveis nas áreas de sensoriamento remoto e geoprocessamento e que podem contribuir para a expansão e desenvolvimento de uma seguridade agrícola sadia beneficiando tanto o produtor rural quanto as agências seguradoras.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - SENSORIAMENTO REMOTO

O termo sensoriamento remoto para observação dos recursos naturais, pode ser definido como sendo a obtenção de dados coletados por instrumentos denominados sensores, sem que haja contato direto com o alvo de investigação. Os sensores remotos captam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelo objeto convertendo-a em sinal elétrico passível de registro e posterior interpretação (Sabins, 1978). Os sensores remotos podem operar em diversos comprimentos de onda do espectro eletromagnético e recebem denominações específicas conforme a faixa de comprimento de onda ou frequência de onda em que operam. No caso do presente estudo estaremos nos referindo ao sensoriamento remoto ótico de onda curta, que compreende a faixa entre 0,4 a 3,0 μm , onde o sensor remoto capta a radiância ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$) refletida pelos alvos em estreitas faixas bem definidas denominadas bandas espectrais (Paris, 2002).

Em geral, o Sol é a fonte de energia para o sensoriamento remoto ótico que, ao interagir com um objeto na superfície terrestre pode ser absorvida, refletida ou transmitida. A parte mensurável pelo sensor é a energia refletida, pois é única energia que retorna ao espaço (Asrar, 1989). A relação entre os fluxos de radiação refletida do alvo e incidente do sol é chamada de reflectância, sendo uma característica intrínseca do alvo e que pode variar em função do comprimento de onda. À variação na reflectância do alvo com o comprimento de onda denomina-se comportamento espectral do alvo. Desta forma diferentes alvos de interesse podem ser identificados, mapeados e analisados com base nos seus respectivos comportamentos espectrais que devem, portanto, ser conhecidos assim como os fatores que influenciam as possíveis variações (Lillesand e Kiefer, 1994).

Além do comportamento espectral dos alvos, o monitoramento eficiente de uma área da superfície terrestre dependerá também das características dos sistemas sensores a bordo dos satélites. Entre as principais características destes sistemas destacam-se as resoluções espectral, espacial e temporal. A resolução espectral refere-se à largura da banda espectral.

Em geral os sensores remotos possuem várias bandas espectrais ao que se chama de sensoriamento remoto multiespectral. A resolução espacial se refere à menor unidade de área possível de ser observada pelo sensor a bordo de um satélite e que pode variar da ordem de centímetros a quilômetros. A resolução temporal refere-se a revisita do satélite sobre uma mesma área da superfície terrestre. Estas características de um sensor orbital estão interligadas e são interdependentes. Por exemplo, um sensor com alta resolução espacial terá, necessariamente, uma baixa resolução temporal, pois observa detalhes e precisa de um grande número de imagens ou passagens para recobrir toda superfície terrestre antes de retornar ao ponto ou órbita iniciais. Da mesma forma, um sensor com baixa resolução espacial observa uma ampla faixa da superfície terrestre retornando em menor tempo à órbita inicial.

2.2 - ATENUAÇÃO DOS EFEITOS ATMOSFÉRICOS

A radiância refletida pelo alvo e medida pelo sensor é definida como o fluxo radiante refletido por unidade de área, projetada na direção de observação por unidade de ângulo sólido e por unidade de comprimento de onda. Esta radiância pode ser atenuada ou ampliada em função da geometria de observação da cena e das propriedades de espalhamento e absorção da atmosfera. O espalhamento atmosférico possui efeito aditivo sobre os valores da radiância e é inversamente proporcional ao comprimento de onda, ou seja, a quantidade de radiação espalhada é inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda, conforme o princípio de espalhamento molecular ou Rayleigh (Sabins, 1978). Os efeitos de absorção atmosférica referem-se à subtração de valores de radiância para os comprimentos de onda maiores causadas pela absorção da energia eletromagnética, principalmente pelas moléculas da água (Formaggio, 1989). Diferentes modelos matemáticos foram propostos com o intuito de quantificar a interferência atmosférica sobre a radiância do alvo e corrigir o valor da reflectância espectral medida sob influência atmosférica, denominada reflectância aparente.

Moran *et al.* (1991), conduziram um experimento com o objetivo de avaliar a acurácia de alguns procedimentos de correção atmosférica. Entre os procedimentos avaliados, incluíam-se quatro códigos de transferência radiativa e o método de subtração de objeto escuro, para recuperação de fatores de reflectância de superfície, a partir de dados Landsat

TM nas faixas espectrais do visível e infravermelho. Os melhores resultados foram obtidos usando código de transferência radiativa com medidas locais de profundidade óptica de ozônio, Rayleigh, e Mie. Resultados aceitáveis também foram alcançados com técnicas menos complexas, baseadas em código de transferência radiativa utilizando estimativas de condições atmosféricas. O método de subtração do objeto escuro foi o menos preciso, introduzindo maior erro no infravermelho próximo do que em dados sem nenhuma correção.

Vermote *et al.* (1997), desenvolveram um modelo que permite simular uma atmosfera considerando: a) efeitos de absorção (CH₄, N₂O, CO); b) espalhamento (Rayleigh e aerossóis); c) altitude do alvo; e d) superfícies não-lambertianas. Este modelo, denominado 6S (*Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum*), foi desenvolvido com o objetivo de melhorar o campo de aplicação e acurácia de sua versão anterior, denominada código 5S. Originalmente projetado para execução em um pixel por vez, o modelo foi adaptado por Antunes (2002) para que fosse possível executá-lo em uma imagem inteira em formato binário (.raw) em 8 bits.

2.3 - SISTEMA LANDSAT

O primeiro satélite americano de observação dos recursos terrestres, para fins civis, foi lançado em 1972. Inicialmente denominado *Earth Resources Technology satellite* (ERTS - 1), passou a ser chamado Landsat-1 dando início ao Programa Landsat, que tem por objetivo possibilitar a aquisição de imagens orbitais de forma global e repetitiva da superfície da Terra.

Os três primeiros satélites dessa série tinham a bordo dois sistemas sensores: o *Multispectral Scanner System* (MSS) e o *Return Beam Vidicon* (RBV). O sistema RBV foi logo abandonado e o MSS evoluiu para o *Thematic Mapper* (TM) colocado a bordo do Landsat-4, lançado em 1982. O sensor TM opera com sete bandas espectrais das quais três estão na região do visível e três nas regiões do infravermelho próximo e médio. Estas bandas possuem uma resolução espacial de 30m x 30m. Além disso, o TM possui uma banda na região do infravermelho termal com resolução espacial de 120m x 120m. O Landsat-4 teve uma vida útil bem abaixo do esperado (quatro anos) e logo foi substituído

pelo Landsat-5 em 1984. Em 1996 foi lançado o Landsat-6, visando substituir o Landsat-5. Problemas ocorridos no lançamento não permitiram que este satélite entrasse em fase operacional. Novamente visando substituir o Landsat-5, foi lançado o Landsat-7 em abril de 1999, embora o Landsat-5 continuasse em operação. A inovação do Landsat-7 foi a substituição do sensor TM pelo *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) que além de todas as características do TM possui ainda uma banda pancromática (visível) com resolução espacial de 15m x 15m e uma maior resolução espacial da banda do infravermelho termal (60m x 60 m). Houve também uma melhoria no sistema de calibração do sensor e na geometria de imageamento, o que determina uma precisão em imagens corrigidas a partir das efemérides do satélite, muito próxima da precisão obtida com imagens georreferenciadas através de pontos de controle cartográficos (Landsat Program, 2002).

2.4 - SENSORIAMENTO REMOTO NA AGRICULTURA

A maneira característica e individual com que a radiação solar incidente interage com os alvos da superfície terrestre é o princípio básico das aplicações das técnicas de sensoriamento remoto, e pode ser descrito pelo comportamento espectral do alvo (Mather, 1999).

Em diversas circunstâncias, a interação da radiação incidente com o alvo pode sofrer variações ao longo do tempo, como é o caso de culturas agrícolas em seus diferentes estádios de desenvolvimento. A compreensão do modo como a energia radiante interage com a vegetação, é fundamental para a correta análise e interpretação das imagens de sensoriamento remoto para fins agrícolas.

A Figura 2.1 mostra o percentual de reflectância de uma folha em função do comprimento de onda da energia incidente.

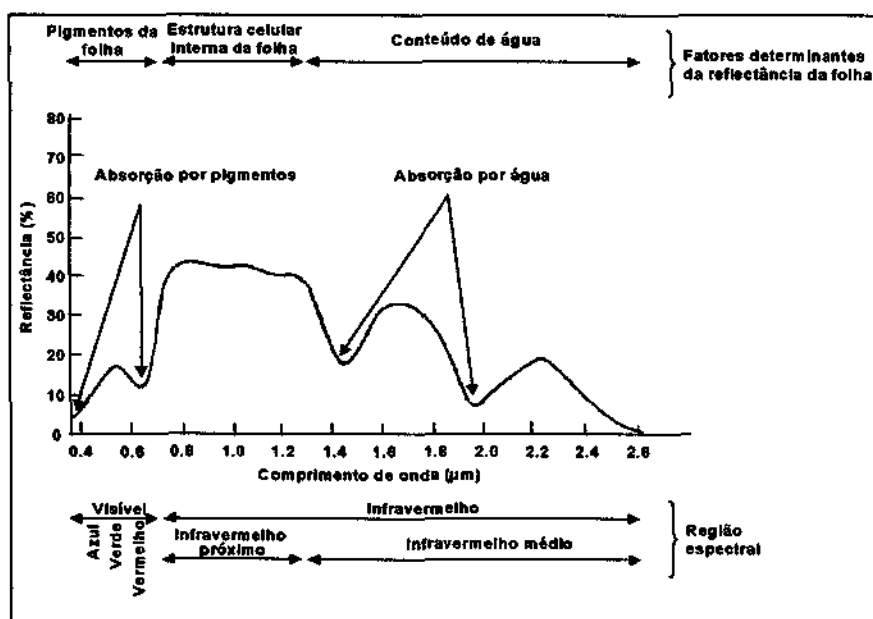


Fig. 2.1 - Curva de reflectância típica de uma folha verde. FONTE: Adaptada de Swain e Davis (1978), p. 232.

Na região do visível, a reflectância e transmitância são muito baixas, pois a maior parte da radiação incidente é absorvida pelos pigmentos da planta, sobretudo a clorofila, que exibe bandas de absorção centradas no azul e vermelho, e um pico de reflectância no verde (Guyot, 1990). Estes pigmentos são transparentes à radiação do infravermelho próximo e, devido à estrutura celular interna da folha, a radiação é fortemente refletida e transmitida, sendo pouco absorvida nesta faixa de comprimento de onda (Knippling, 1970). Na faixa do infravermelho médio, as propriedades ópticas das folhas são influenciadas principalmente pelo seu conteúdo de água, o qual é inversamente proporcional a reflectância. (Guyot, 1990).

Quando se analisa o comportamento espectral de folhas individuais e de uma cultura agrícola, notamos que existem diferenças quantitativas e qualitativas em função da estrutura da planta, das condições de iluminação e de fundo (solo, palhada, etc.). De acordo com Curran e Milton (1982), a reflectância de um dossel é primeiramente determinada pelo seu índice de área foliar (IAF), razão entre a área de superfície de folhas e área de solo, e pode ser menor do que a reflectância de uma folha individual, pois a radiação refletida é atenuada por variações no ângulo de iluminação, orientação das folhas, sombreamento, e pelo solo. Deste modo, o que chega ao sensor é uma resposta integrada de todos esses

efeitos, sendo que cada tipo de cultura agrícola tem um comportamento típico, o que permite a sua caracterização (Knippling, 1970). A Figura 2.2 mostra os fatores que interferem na resposta espectral de um pixel (menor elemento no terreno observado pelo sensor).

O sensoriamento remoto tem basicamente três categorias de aplicação em agricultura: identificação, mapeamento e monitoramento de culturas (Bauer, 1985).

Nos Estados Unidos o *Corn Blight Watch Experiment* (CBWE) na década de 70, mostrou ser possível estimar um decréscimo no rendimento das culturas devido a doenças. Permitiu ainda, discriminar áreas agrícolas de outros usos e detectar estresse em culturas, onde suas características espectrais eram afetadas (Tardin, 1989).

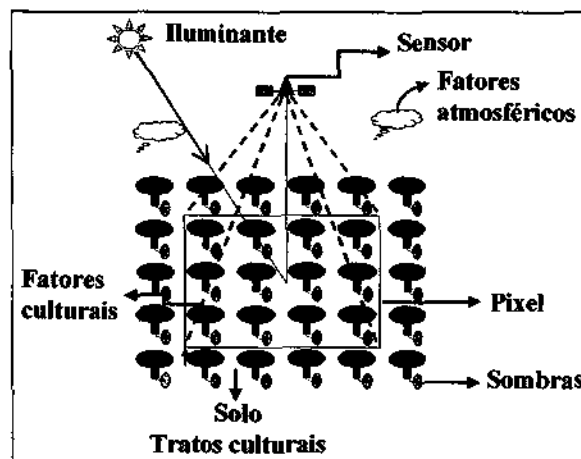


Fig. 2.2 - Fatores que interferem na resposta espectral de um pixel.
FONTE: Adaptada de Epiphânio *et al.* (1994).

Ainda na década de 70, o projeto *Large Area Crop Inventory* (LACIE), conduzido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), utilizou imagens MSS do LANDSAT para identificação e estimativa de áreas de culturas agrícolas. Neste projeto foram utilizados também dados do satélite meteorológico NOAA, com vista a estimar o estágio de desenvolvimento das culturas e a produtividade agrícola a partir de modelos de regressão que incorporavam variáveis

meteorológicas, dados históricos de rendimento e médias mensais de temperatura e precipitação (Tardin, 1989). Com a limitada resolução espacial do sensor MSS (80m x 80 m), os resultados do LACIE não forneceram estimativas confiáveis. Todavia, este projeto incentivou a realização de novas pesquisas e apontou as limitações tecnológicas que precisariam ser superadas.

A partir do LACIE, inúmeras pesquisas com sensores remotos multiespectrais a campo (radiometria de campo) foram realizadas em diferentes países. Estas pesquisas visavam analisar o comportamento espectral de diversas culturas agrícolas ao longo da estação de crescimento e sob diversas formas de cultivo (tipo de solo, irrigação, adubação, etc.), e relacioná-lo com parâmetros que dizem respeito à produção agrícola tais como: absorção da radiação fotossinteticamente ativa, índice de área foliar, produtividade etc. A análise do comportamento espectral ao longo do ciclo da cultura, permite também estimar o estágio de desenvolvimento, o qual é uma importante variável em modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade (Bauer, 1985).

No Brasil, os projetos ESTIMA e FISATE são exemplos de estudos que utilizaram imagens de satélite (Landsat-TM), dados agrometeorológicos e radiometria de campo na região de Assis, São Paulo, para estimar a área plantada e a produtividade agrícola da cultura do trigo em lavouras financiadas através do crédito rural (Rudorff *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 1988). As estimativas de produtividade do trigo, em propriedades rurais, através das imagens Landsat-TM e modelo agrometeorológico explicaram 71 e 53% da variação na produtividade observada nos anos safra de 1986 e 1987, respectivamente (Rudorff *et al.*, 1988).

As análises dos dados de sensoriamento remoto que visam estimar ou estabelecer relações com parâmetros agronômicos, freqüentemente utilizam uma equação matemática para transformar a informação espectral contida em duas ou mais bandas espectrais, em uma única banda denominada índice vegetativo (Cowell, 1974; Tucker, 1979; Tucker *et al.*, 1980; Tucker *et al.*, 1981; Hatfield *et al.*, 1984; Gallo, 1985). Entre os diversos índices vegetativos o mais utilizado é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*; Índice de Vegetação com Diferença Normalizada) proposto por Rouse *et al.* (1974), e definido pela equação 2.1:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (2.1)$$

Onde V é reflectância na banda do vermelho e IVP é a reflectância na banda do infravermelho próximo.

A principal vantagem da utilização do índice vegetativo é a redução na dimensionalidade dos dados e a diminuição tanto da interferência de efeitos atmosféricos quanto de efeitos causados pela reflectância do solo misturado à reflectância da vegetação (Jackson e Huete, 1991).

As principais desvantagens apontadas ao uso do NDVI referem-se à saturação do índice para alta densidade de vegetação e menor confiabilidade do índice quando a cobertura vegetal for muito baixa (Jackson e Huete, 1991; Vogt, 1994; Epiphany *et al.*, 1996.). Vogt (1994) salienta ainda, que as relações entre o NDVI e diferentes parâmetros agronômicos, são específicas para estádios de desenvolvimento e tipo de solo.

2.5 – MILHO SAFRINHA

O milho safrinha é o milho cultivado fora da época normal (milho de verão), geralmente após a colheita da soja precoce ou do milho da safra de verão. O aproveitamento do adubo residual da cultura anterior, resulta em menores custos de produção, porém, de acordo com Garcia (1997), a produtividade do milho safrinha varia entre 60 e 70% do obtida na safra de verão.

A produção do milho como uma segunda safra do ano, teve início nos Estados do Paraná e São Paulo a partir do início da década de 80, apresentando rápida expansão e tornando-se também uma das principais culturas de outono-inverno em outros estados como: Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Santa Catarina (Tsuneshiro e Godoy, 2001). A Tabela 2.1 mostra a produtividade da cultura do milho safrinha nos principais Estados produtores no período compreendido entre 1996 e 2000.

Um nível de produtividade rentável para o cultivo do milho safrinha, dependerá da combinação da época de semeadura com o ciclo da cultivar selecionada, a fim de minimizar

o risco de frustração da safra, causado pela redução gradativa da precipitação pluviométrica e pelo aumento da probabilidade da ocorrência de geadas, que afetam mais intensamente os cultivos tardios nas regiões Sul e Sudeste.

Espinosa *et al.* (1980) citado por Souza e Frizzzone (1997), observaram que para o milho, um dia de estresse hídrico durante a fase de enchimento de grãos reduz o rendimento de 3 a 4%. De acordo com Souza e Frizzzone (1997) o rendimento da cultura foi reduzido em até 60%, quando o déficit hídrico ocorreu entre os períodos de floração e enchimento de grãos, e reduções de até 40% foram observadas quando o déficit hídrico ocorreu durante o início da floração.

TABELA 2.1 – EVOLUÇÃO DA CULTURA DO MILHO SAFRINHA NOS PRINCIPAIS ESTADOS PRODUTORES E NO BRASIL, 1996-2000.

ESTADO	PRODUTIVIDADE kg/ha				
	1996	1997	1998	1999	2000
PARANÁ	2.463	1.610	2.981	2.898	2.594
SÃO PAULO	2.343	2.280	2.900	2.100	1.384
MATO GROSSO DO SUL	2.173	2.557	3.353	3.109	1.965
GOIÁS	2.861	3.117	3.180	2.932	2.990
MATO GROSSO	2.108	2.119	1.963	1.814	2.165
BRASIL	2.378	2.166	2.919	2.649	2.173

FONTE: IBGE (1999/2000) citado por Tsuneshiro e Godoy (2001).

A estrutura do tecido foliar do milho não está adaptada aos estresses causados por rápidas quedas na temperatura, o que acarreta alterações no metabolismo da planta e, conseqüentemente, reduz seu potencial produtivo. A manipulação genética e o pré-condicionamento são estratégias utilizadas para reduzir o impacto negativo das baixas temperaturas sobre a produção do milho. Outra medida adotada é a utilização de cultivares precoces o que, no entanto, tem sido limitada pela relação entre temperatura e duração dos sub-períodos, pois o aumento da temperatura amplia o ciclo da cultura, fazendo com que

fases fenológicas críticas coincidam com as épocas de maior risco de ocorrência de geada ou veranicos (Mundstock, 1995; Brunini, 1997).

2.6 - ADVERSIDADE CLIMÁTICA E PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

A maior parte das variações anuais observadas na produtividade agrícola em uma dada área, está associada com as condições climáticas, sobretudo precipitação e temperatura. Variações adicionais na produtividade entre campos são devidas ao tipo de solo, diferenças no gerenciamento da área e nas práticas culturais ou ainda à ocorrência de estresses tais como doenças e pragas (Bauer, 1985).

Mota (1997), observando o aumento do rendimento médio da cultura do trigo no Rio Grande do Sul do período 1986/95 em relação à década anterior atribuiu a diferença à utilização das novas tecnologias disponibilizadas, mas também reconheceu a influência das condições climáticas, já que a diferença média nos rendimentos entre anos favoráveis e desfavoráveis chegou a 750 kg/ha.

Na maior parte do território brasileiro pratica-se a agricultura de sequeiro, caracterizada pelo aproveitamento da precipitação natural a qual, em muitos casos, é suficiente para o desenvolvimento das culturas. Porém, a produtividade da cultura pode ser significativamente afetada pela ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa conhecidos como veranicos. O impacto deste evento sobre a produtividade final depende do estágio fenológico em que se encontra a cultura. Conforme aponta Brunini (1997), a exploração do milho safrinha é uma atividade com alta probabilidade de ocorrência de adversidades meteorológicas, tanto por seca quanto por baixas temperaturas, em todo o Estado de São Paulo. Esta constatação tem apontado para a necessidade de se pesquisar estratégias de minimização desse tipo risco, através do manejo e cultivo adequado desta cultura.

2.7 - SEGURIDADE AGRÍCOLA NO BRASIL

A atividade agrícola está periodicamente sujeita aos riscos advindos de condições climáticas incontroláveis e nem sempre previsíveis. Nesse contexto, a agricultura apoia-se não somente no crédito e na tecnologia, mas também no seguro (Martins Neto, 1997).

O histórico de prejuízos, haja vista as altas taxas de sinistralidade, acabou por comprometer tanto o interesse das companhias seguradoras como também mostrava uma tendência de inviabilização de os produtores arcarem com os altos custos das apólices de seguro.

O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO, criado em 1973 e operacionalizado a partir de 1975, teve que passar por sérias modificações estruturais e operacionais para que pudesse continuar atuando como instrumento de política agrícola. Entre os fatores que contribuíram para tal fato consta a falta de ferramentas para o monitoramento das propriedades, dado que o programa se propunha a cobrir uma pluralidade de riscos sem, no entanto, dispor de uma metodologia adequada e eficiente de controle, o que resultou em uma enorme dívida para com os produtores, a ser paga através de recursos do tesouro nacional (Rosseti, 1998).

Esse quadro foi sensivelmente modificado a partir de 1985 com o programa de redução de riscos climáticos na agricultura, dado que a escassez ou excesso hídrico era responsável pela maior parte dos pedidos de cobertura. Esse projeto deu origem ao chamado Zoneamento Agrícola do Brasil, o qual, a partir de um estudo de caráter espaço-temporal, possibilitou a identificação e espacialização das áreas de maior risco para a agricultura. Isto foi realizado a partir da base de dados pluviométricos disponíveis. Foi definido então, um calendário agrícola o qual determina as datas de plantio onde o risco de perdas por geadas, estresses térmicos, deficiência ou excesso hídrico são menores, de acordo com o tipo de solo, ciclo da cultura e cultivares recomendados (Assad, 1998).

De acordo com dados da Companhia de Seguros do Estado de São Paulo (COSESP), relatados em Martins Neto (1997), na região do Médio Vale do Paranapanema, das 2.256 áreas seguradas no período compreendido entre 1994-96, houve 1.170 comunicações de

sinistro. As Figuras 2.3 e 2.4 apresentam o percentual de sinistros em lavoura de milho safrinha, em função da natureza do risco e da época de semeadura, respectivamente.

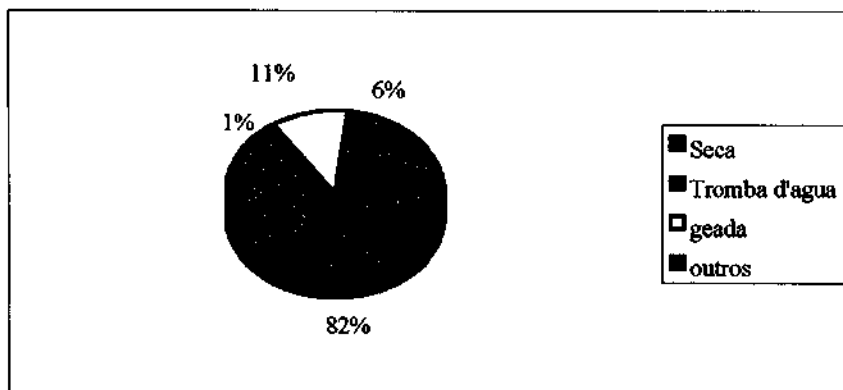


Fig. 2.3 - Percentual de sinistros em função da natureza do fator de perda em lavouras de milho safrinha, seguradas no Estado de São Paulo, no período compreendido entre 1994-96.
 FONTE: adaptada de Martins Neto (1997).

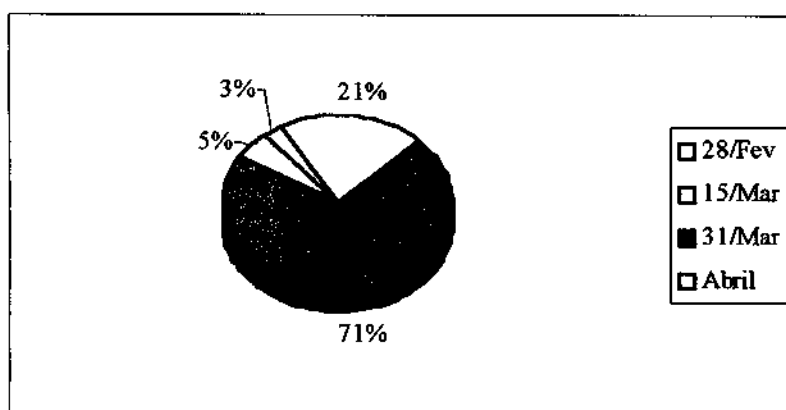


Fig. 2.4 - Percentual de sinistros em função da época de semeadura em lavouras de milho safrinha, seguradas no Estado de São Paulo, no período compreendido entre 1994-96.
 FONTE: Adaptada de Martins Neto (1997).

Conforme a Figura 2.3, o evento seca foi responsável pela maior parte dos sinistros, embora em 1996 as perdas em consequência de geada tenham sido consideráveis. A Figura 2.4 indica que mais de 75% dos sinistros referem-se às semeaduras realizadas no final do mês de março e durante o mês de abril, portanto, no final e após o prazo limite atualmente recomendado pelo Zoneamento Agrícola.

2.8 - GEOPROCESSAMENTO

Um interesse cada vez maior tem partido de diferentes áreas do conhecimento no que diz respeito à distribuição da informação espacial, no estudo de suas inter-relações e na sua integração e manipulação com vistas à análise espacial quantitativa e à geração de novas informações. A realização de tais aspirações pode ser concretizada com o uso de computadores.

O conjunto de ferramentas computacionais, utilizado na coleta, edição, armazenamento e recuperação, análise, consulta e visualização de dados georreferenciados é denominado Sistema de Informações Geográficas (Bailey e Gatrell, 1996).

O termo tecnologia geoespacial diz respeito ao conjunto de tecnologias utilizadas na coleta e tratamento da informação espacial e do desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam (Paris, 2002). A tecnologia geoespacial engloba o Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas, GPS, Cartografia Digital, Análise Espacial, Tecnologias de Visualização e Processamento de Imagens (Paris, 2002). O termo geoprocessamento tem sido utilizado no Brasil e se refere às ferramentas computacionais que permitem analisar as alterações espaciais e temporais e suas inter-relações com fenômenos geográficos (Câmara e Medeiros, 1998).

CAPÍTULO 3

MATERIAL E MÉTODO

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 3.1), compreende os municípios de Cândido Mota, Cruzália, Maracáí, Palmital, Pedrinhas Paulista, e Tarumã localizados na região do Médio Vale do Paranapanema, São Paulo, uma das principais regiões produtoras de milho de segunda safra ou milho safrinha no Brasil. A região de estudo é também conhecida como região de Assis, pois o município de Assis ocupa a condição de Sede de sub-região Administrativa. As coordenadas do retângulo envolvente da área de estudo são: 22° 13' e 22° 57' de latitude Sul e 51° 00' e 50° 04' de longitude Oeste. A altitude da região está em torno de 440 m.

A região apresenta clima tropical sub quente, sendo a temperatura média anual de 21,5°C, com oscilações nos meses quentes entre 21°C e 23°C, e nos meses frios entre 13°C e 18°C, tendo precipitação pluviométrica média anual de 1.212 mm com o período de chuvas compreendido entre os meses de novembro e abril. Os índices de umidade relativa do ar variam entre 62% e 84%, apresentando como média anual 75,2% (Setzer, 1966).

O solo predominante nos municípios de estudo é Latossolo Vermelho Distroférico. O relevo topográfico é do tipo colinoso, com predominância de pequenas amplitudes e declividades de encosta, inferiores a 15% com terraços fluviais, geralmente não inundáveis (Setzer, 1966).

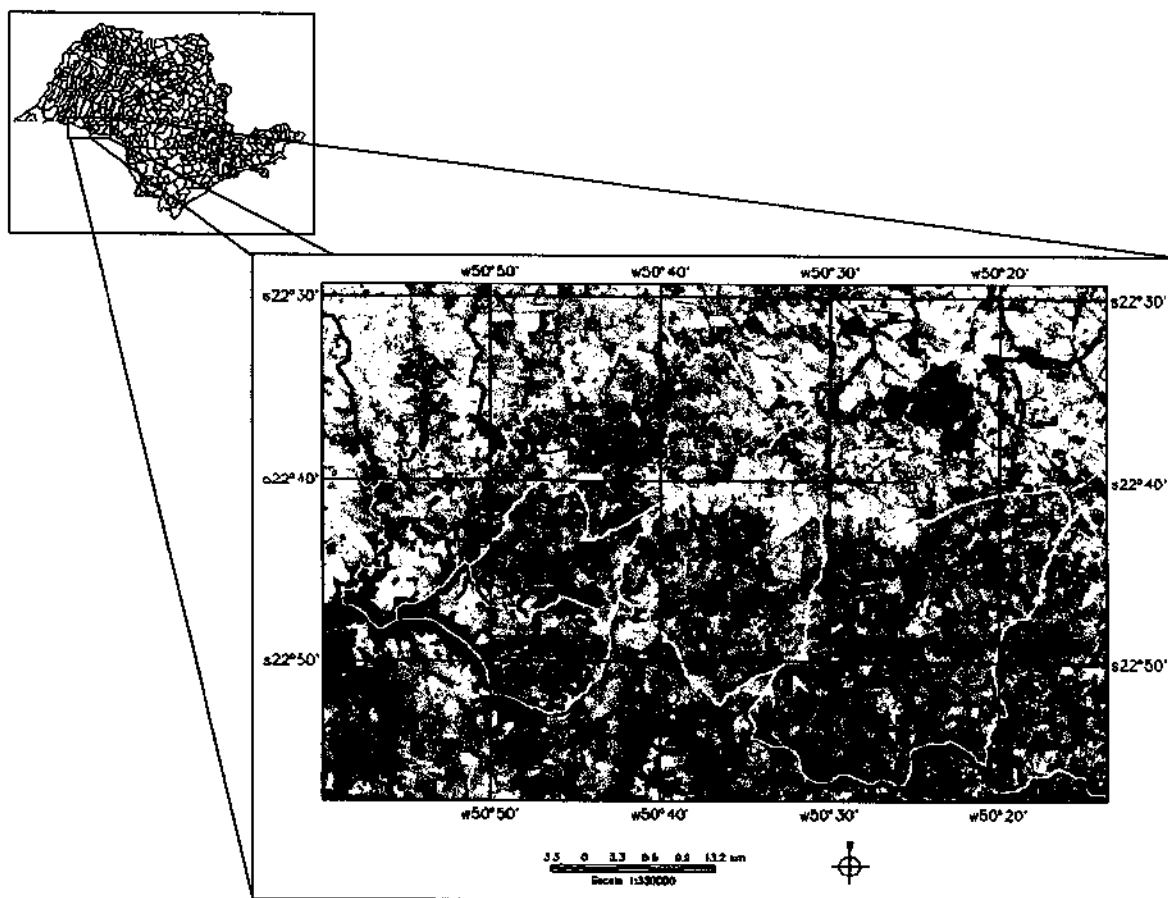


Fig. 3.1 - Localização da área de estudo.

A Figura 3.2 apresenta o fluxograma ilustrativo das atividades desenvolvidas com vista a atingir os objetivos propostos.

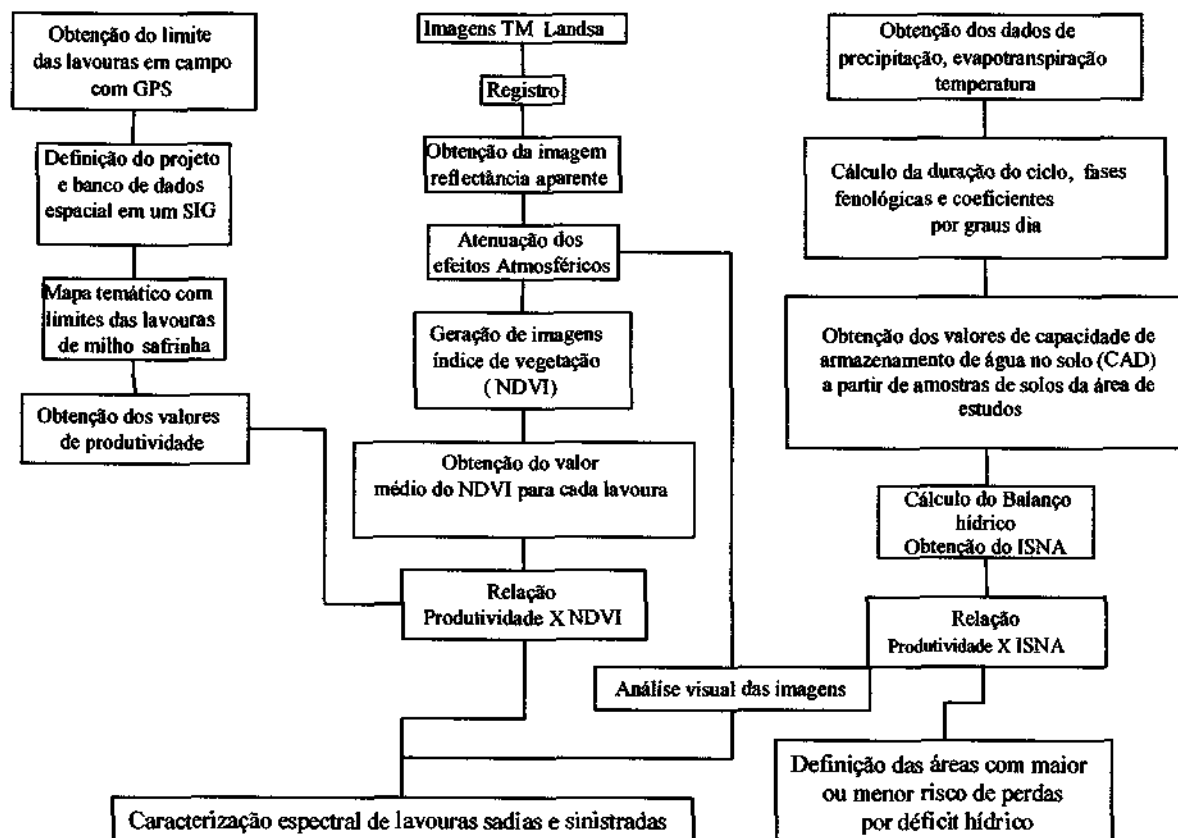


Fig. 3.2 – Fluxograma ilustrativo das etapas de trabalho.

3.2 - MILHO SAFRINHA NA REGIÃO DE ESTUDO

Em São Paulo, as regiões do Médio Vale do Paranapanema e norte/noroeste são responsáveis por cerca de um terço da área cultivada com milho safrinha no Estado (CATI, 2000).

A época recomendada pelo Zoneamento Agrícola para a semeadura do milho safrinha, na região de estudo, é até 15 de março com tolerância até o dia 30 de março. Semeaduras realizados após a data limite frequentemente revelam redução na produtividade, ainda que sob condições irrigadas, pois a duração das fases fenológicas aumentam sensivelmente, devido à diminuição da temperatura, estando mais sujeitos a geadas. A menor

disponibilidade de água no solo, observada para cultivos de semeaduras tardias, é a principal causa de insucesso para uma produção rentável. Diante disso tem-se recomendado, preferencialmente, a utilização de cultivares do ciclo precoce ou super precoce.

3.3- OBTENÇÃO DOS LIMITES DAS LAVOURAS SEGURADAS

Em trabalho a campo, realizado entre os dias 7 e 10 de maio de 2001 foram georeferenciadas 37 lavouras de milho safrinha seguradas pela empresa de seguro agrícola Aliança do Brasil Companhia de Seguros. O georeferenciamento foi realizado através de um GPS de navegação modelo Garmin II *Plus*, com auxílio de imagem do satélite Landsat-7 de 7 de dezembro de 2000, em composição colorida falsa cor, na escala de 1:50000. As coordenadas geodésicas registradas pelo GPS foram coletadas em pontos distintos e estratégicos para se obter o perímetro de cada lavoura. Em alguns casos não foi possível contornar, em campo, a lavoura para obter as coordenadas com o GPS. Nestes casos foram utilizadas, também, imagens obtidas durante o ciclo da cultura (Tabela 3.2) para delimitar, com o auxílio do produtor rural, a lavoura segurada conforme exemplificado na Figura 3.3.

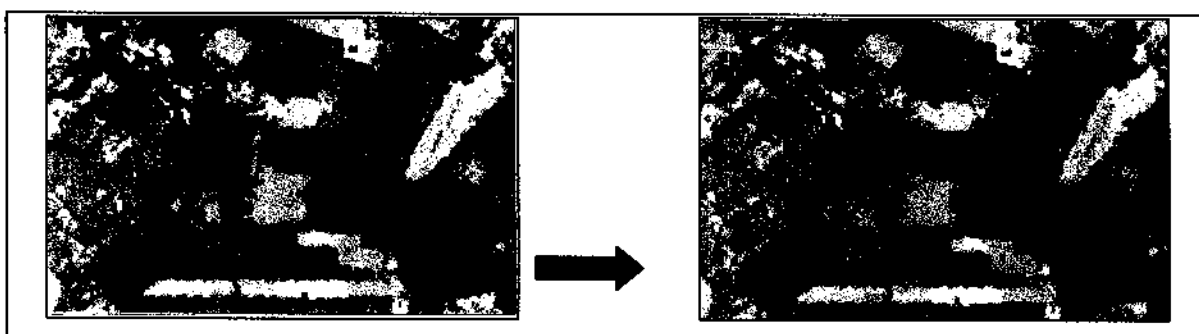


Fig. 3.3 – Exemplo de obtenção do limite das lavouras com GPS e imagem Landsat TM do dia 30/04/2001.

Os pontos obtidos em campo com GPS foram inseridos em um sistema de informações geográficas, o que permitiu que fossem definidos os limites contínuos das parcelas selecionadas. Além de utilizar as coordenadas geográficas destes pontos, foram digitalizados em tela alguns limites definidos em campo na imagem em papel. Foi criado um banco de dados geográficos, a partir do qual foi possível associar uma série de informações ao mapa em formato digital. Para o armazenamento e tratamento dessas

informações foi utilizado o aplicativo Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING (Câmara *et al.*, 1996).

Concomitantemente foram obtidas informações sobre as lavouras seguradas referentes a cultivar utilizada e à data de semeio. Lavouras com mais de uma data de semeio ou que tivessem utilizado diferentes cultivares foram subdivididas. A Tabela 3.1 apresenta o número da lavoura e sua subdivisão, o município em que se encontra, a data de semeio e a cultivar utilizada.

TABELA 3.1 - LAVOURAS SELECIONADAS NA ÁREA DE ESTUDO

LAVOURA	MUNICÍPIO	PLANTIO	CULTIVAR
1	PEDRINHAS PAULISTA	7/3/01	C125
2	CRUZALIA	14/3/01	AGN3050
3	TARUMA	27/2/01	CO32
4	MARACAI	2/3/01	AS 3466
5	MARACAI	10/2/01	C901
6-A	MARACAI	14/3/01	DKB440
6-B	MARACAI	14/3/01	TRAKTOR
6-C	MARACAI	14/3/01	EXCELER
7	MARACAI	14/3/01	GRAUNA133
8	CANDIDO MOTA	3/3/01	EXCELER E Z8550
9-A	CANDIDO MOTA	27/2/01	Z8550
9-B	CANDIDO MOTA	13/3/01	Z8501
9-C	CANDIDO MOTA	27/2/01	Z8501
10	CANDIDO MOTA	22/2/01	TORK
11	CANDIDO MOTA	14/3/01	EXCELER
12	CANDIDO MOTA	10/3/01	TRAKTOR

(continua)

Continuação

LAVOURA	MUNICÍPIO	PLANTIO	CULTIVAR
13	CANDIDO MOTA	6/3/01	MASTER
14	MARACAI	13/3/01	TRAKTOR
15	MARACAI	13/3/01	TRAKTOR
16	MARACAI	27/2/01	MASTER E EXCELER
17	MARACAI	1/3/01	TRAKTOR
18	PEDRINHAS PAULISTA	3/3/01	AGN3050
19	PEDRINHAS PAULISTA	8/3/01	C125
20	PEDRINHAS PAULISTA	5/3/01	C747 E AS 3466
21	PEDRINHAS PAULISTA	14/3/01	AGN3050
22-A	PEDRINHAS PAULISTA	5/3/01	C806 E AGN3050
22-B	PEDRINHAS PAULISTA	5/3/01	C806 E AGN3050
23	PEDRINHAS PAULISTA	11/3/01	TRAKTOR
24	PEDRINHAS PAULISTA	8/3/01	C901
25-A	PEDRINHAS PAULISTA	12/3/01	C901
25-B	PEDRINHAS PAULISTA	13/3/01	AGN3050
25-C	PEDRINHAS PAULISTA	14/3/01	C901
25-D	PEDRINHAS PAULISTA	3/3/01	EXCELER
25-E	PEDRINHAS PAULISTA	8/3/01	AGN3050
25-F	PEDRINHAS PAULISTA	5/3/01	C806
25-G	PEDRINHAS PAULISTA	10/3/01	C806
26	PEDRINHAS PAULISTA	3/3/01	TRAKTOR
27-A	CRUZALIA	20/3/01	EXCELER
27-B	CRUZALIA	26/2/01	SHS5070
27-C	CRUZALIA	24/2/01	TRAKTOR

(continua)

Continuação

LAVOURA	MUNICÍPIO	PLANTIO	CULTIVAR
27-D	CRUZALIA	10/2/01	AS3466
27-E	CRUZALIA	22/2/01	TRAKTOR
27-F	CRUZALIA	15/3/01	SHS5070
27-G	CRUZALIA	24/3/01	ENSAIO
27-H	CRUZALIA	15/3/01	SHS5070
27-I	CRUZALIA	19/3/01	TRAKTOR
27-J	CRUZALIA	15/3/01	EXCELER
27-K	CRUZALIA	15/3/01	AS3466 E EXCELER
27-L	CRUZALIA	15/3/01	SHS5070
27-M	CRUZALIA	10/3/01	TRAKTOR
27-N	CRUZALIA	20/3/01	CO32
27-O	CRUZALIA	8/3/01	EXCELER
27-P	CRUZALIA	8/3/01	EXCELER
27-Q	CRUZALIA	20/3/01	CO32
28	CRUZALIA	15/3/01	EXCELER
29-A	CANDIDO MOTA	17/3/01	AGN3050
29-B	CANDIDO MOTA	1/3/01	AGN3180
29-C	CANDIDO MOTA	6/3/01	AGN3050
29-D	CANDIDO MOTA	22/3/01	AGN3180
29-E	CANDIDO MOTA	16/3/01	AGN3050
30-A	CANDIDO MOTA	12/3/01	TRAKTOR E CODETEC 3121
30-B	CANDIDO MOTA	12/3/01	EXCELER
31	CANDIDO MOTA	12/3/01	EXCELER
32-A	CANDIDO MOTA	6/3/01	TORK

(continua)

Continuação

LAVOURA	MUNICÍPIO	PLANTIO	CULTIVAR
32-B	CANDIDO MOTA	13/3/01	EXCELER
33	CANDIDO MOTA	13/3/01	TRAKTOR
34	PALMITAL	17/3/01	EXCELER
35-A	PALMITAL	12/2/00	TORK
35-B	PALMITAL	12/2/01	EXCELER
35-C	PALMITAL	12/2/01	C901
35-D	PALMITAL	26/2/01	C909
35-E	PALMITAL	26/2/01	C747
36-A	CRUZALIA	14/3/01	AG303
36-B	CRUZALIA	5/3/01	AG303
36-C	CRUZALIA	14/3/01	AG303
37	PEDRINHAS PAULISTA	8/3/01	TRAKTOR

3.4 - IMAGENS DOS SATÉLITES LANDSAT

A seleção das imagens dos satélites Landsat foi feita através de pesquisa no catálogo de imagens Landsat 5 e 7 da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE disponível na internet (<http://www.dgi.inpe.br/>). Cerca de duas semanas após a passagem do Landsat, as imagens por ele adquiridas encontram-se disponíveis para visualização, sob a forma de "quick-look", para verificação da qualidade, principalmente, em termos de cobertura de nuvens. Para o acompanhamento das lavouras seguradas no ano safra de 2001, foram adquiridas quatro imagens do satélite Landsat 5 e 1 imagem do Landsat 7 da órbita 222, ponto 76 em datas onde as imagens estavam livres ou praticamente livres de nuvens e coincidentes com diferentes fases de desenvolvimento da cultura (Tabela 3.2).

O registro das imagens foi a partir de uma imagem Landsat de sete de dezembro de 2000, previamente registrada. Foram obtidos pontos de controle identificáveis tanto na imagem de referência quanto nas imagens a serem registradas e foi aplicada uma transformação de

primeiro grau, com o intuito de relacionar as coordenadas espaciais das imagens e modelar a distorção geométrica entre elas. Foram selecionados, para cada par de imagens (imagem de referência e imagem a ser registrada), 12 (doze) pontos de controle bem distribuídos na cena, com erro médio de registro inferior a 0,7 pixel, conforme recomenda D'Alge (2000). Foi utilizado o método de reamostragem vizinho mais próximo por ser, segundo Mather (1999) o que melhor preserva o valor radiométrico da imagem original.

TABELA 3.2 – DATA DE AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

DATA DE PASSAGEM DO SATÉLITE	SATÉLITE
05/03/2001	Landsat-7
14/04/2001	Landsat-5
30/04/2001	Landsat-5
01/06/2001	Landsat-5
03/07/2001	Landsat-5

Os níveis de cinza das imagens foram convertidos em valores de reflectância através de um programa em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), utilizando-se os dados de calibração do sensor e o ângulo de incidência da radiação solar durante a aquisição da imagem.

As imagens foram submetidas ao modelo de correção atmosférica denominado 6S (*second simulation of satellite signal in the solar spectrum*), proposto por Vermote *et al.* (1997) e adaptado por Antunes (2002), para correção atmosférica de imagens inteiras em formato binário (.raw) em 8 bits. Os parâmetros de entrada do modelo 6S são: condições geométricas, mês, dia, ano e horário de aquisição da imagem, latitude, longitude, modelo atmosférico, modelo de aerossóis, visibilidade em km (modelo de concentração de aerossóis), altitude do alvo, altitude do sensor, banda espectral, imagem reflectância e número de pixels da imagem (igual ao número de bites). No apêndice A encontra-se um exemplo dos valores atribuídos a cada parâmetro, sendo que os parâmetros modelo

atmosférico, modelo de aerossóis, altitude do alvo e do sensor, foram os mesmos para todas as bandas das imagens.

A partir das imagens de reflectância de superfície, geradas pelo modelo supracitado, foram geradas as imagens índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI), através da seguinte equação, utilizando as bandas 3 (visível) e 4 (infravermelho próximo): $NDVI = (b4-b3)/(b4+b3)$.

Os valores médios do NDVI foram obtidos para cada lavoura constante na Tabela 3.1, visando correlacioná-los com a produtividade.

3.5 - ÍNDICE DE PENALIZAÇÃO

Em adição à informação sobre o comportamento espectral da cultura do milho, extraída das imagens do satélite, foram utilizadas também informações agrometeorológicas para obtenção do índice de penalização cujo método para cálculo se encontra em Doorembos e Kassam (1979) e Assad *et al.* (1998). Este índice, também conhecido por índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) é dado pela relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima (ETR/ETM), ou seja, a quantidade de água que a planta consumiu e a que seria desejável para garantir plenamente a sua máxima produtividade.

Para a simulação do balanço hídrico foram computados:

- a) precipitação pluvial diária referente ao ano de 2001 das estações pluviométricas mais próximas da área de estudo (Tabela 3.3);
- b) capacidade de armazenamento de água (CAD), considerando-se os solos mais comuns da região de estudo. Foram coletadas, algumas amostras de solos por ocasião do terceiro trabalho a campo as quais foram submetidos a uma análise textural, para obtenção do percentual de areia e argila. Uma vez obtidos tais valores a CAD foi calculada pelo método proposto por Lopes Assad *et al.* (2001) (Os valores de CAD obtidos a partir das amostras encontram-se no apêndice D);
- c) coeficiente de cultura (kc), definido como a razão entre a evapotranspiração real e a potencial, observadas em determinados períodos de tempo e em relação a uma cultura

qualquer. Esse parâmetro define uma maior ou menor necessidade de água da cultura nas diferentes fases fenológicas (Assad, 1998). Foram definidos valores de k_c para cada dez dias do ciclo da cultura em função do acúmulo de unidades térmicas ou graus-dia, de acordo com a Tabela 3.4 disponibilizada por Brunini (2001) para cultivares do ciclo precoce e super-precoce.

TABELA 3.3 – ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS LOCALIZADAS NA ÁREA DE ESTUDO

MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE
Cândido Mota	O 50° 23' 00"	S 23° 43' 00"
Iepê	O 51° 05' 00"	S 22° 40' 00"
Maracá	O 50° 39' 00"	S 22° 34' 00"
Palmital	O 50° 12' 00"	S 22° 48' 00"
Tarumã	O 50° 32' 00"	S 22° 47' 00"

TABELA 3.4 – COEFICIENTES DE CULTURA (k_c) EM FUNÇÃO DOS VALORES DE GRAUS-DIA (GD) PARA CULTIVARES SUPERPRECOCE E PRECOCE

SUPER PRECOCE		PRECOCE	
GD	K_c	GD	K_c
0	0	0	0
100	0,20	100	0,20
200	0,40	200	0,40
300	0,60	300	0,60
400	0,72	400	0,83
500	0,83	500	1,06
600	0,95	600	1,29
700	1,05	700	1,29

(continua)

Continuação

SUPER PRECOCE		PRECOCE	
800	1,15	800	1,29
900	1,25	900	1,29
1000	1,28	1000	1,30
1100	1,31	1100	1,32
1200	1,33	1200	1,33
1300	1,15	1300	1,30
1400	0,97	1400	1,26
1500	0,80	1500	1,22
1600	0,73	1600	1,01
1700	0,67	1700	0,80
1800	0,60	1800	0,60

FONTE: Brunini (2001).

d) Evapotranspiração potencial (ETP), é a quantidade máxima de água que a planta pode e deve utilizar, estabelecendo o nível ideal de relação entre a planta, o solo, e a atmosfera, de modo que seja atingido o máximo de produtividade. Foram utilizados os valores de ETP das estações climatológicas localizadas nos municípios de Iepê, Palmital e Paraguaçu Paulista.

O ciclo da cultura foi dividido em quatro fases fenológicas: germinação-emergência, vegetativa; floração-enchimento de grãos e maturação. A definição da duração do ciclo e de cada fase fenológica foi obtida com base na soma térmica dos graus dias, conforme os valores disponibilizados por Brunini *et al.* (2001), variando assim com a data de semadura. O cálculo dos graus dia foi realizado por meio da equação: $GD = \Sigma(T_{max_diária} + T_{min_diária})/2 - TB$. Foram utilizados dados diários de temperatura das estações climatológicas localizadas nos municípios de Maracá, Palmital, Cândido Mota e Pedrinhas Paulista. Considerou-se a temperatura base, tida como a temperatura abaixo da

qual a planta não se desenvolve ou o faz de maneira mais lenta (Brunini *et al.*, 2001), os valores obtidos por Barbano *et al.* (2000), os quais foram: 8°C na fase emergência-florescimento e 10 °C na fase florescimento-início da maturação (Tabela 3.5).

O período de enchimento de grãos é considerado um período crítico para o desenvolvimento e produtividade das culturas, em termos de dependência de água. Assim sendo, os valores de ISNA dessa fase fenológica foram correlacionados com os valores de produtividade.

TABELA 3.5 - RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA BASE E GRAUS-DIA PARA DISTINTAS CULTIVARES DE MILHO POR FASE FENOLÓGICA. TB - TEMPERATURA BASE °C; GD - GRAUS DIA

CULTIVAR	FASE FENOLÓGICA			
	Tb Emergência até Florescimento	GD Florescimento	Tb Florescimento até Início Maturação	GD Início da Maturação
Super-precoce	8	747	10	1075
Precoce	8	820	10	1190

FONTE: Adaptada de Brunini *et al.* (2001).

Para simulação do balanço hídrico e obtenção do ISNA utilizou-se o aplicativo Sistema de Análise Regional de Riscos Climáticos (SARRA) (CIRAD-CA, 1995).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - OBTENÇÃO DOS LIMITES DAS LAVOURAS

A obtenção dos limites das 37 lavouras utilizando GPS e sua importação em um sistema de informações geográficas foi o ponto de partida para as análises realizadas sobre as imagens. Foram associadas ao mapa, em formato digital, informações obtidas em campo, informações geradas a partir do processamento digital das imagens, como o valor do NDVI e informações obtidas pela simulação de um balanço hídrico, como o valor do ISNA, descritos no item 4.3 e deste capítulo. A Figura 4.1 ilustra os limites das lavouras e suas subdivisões.

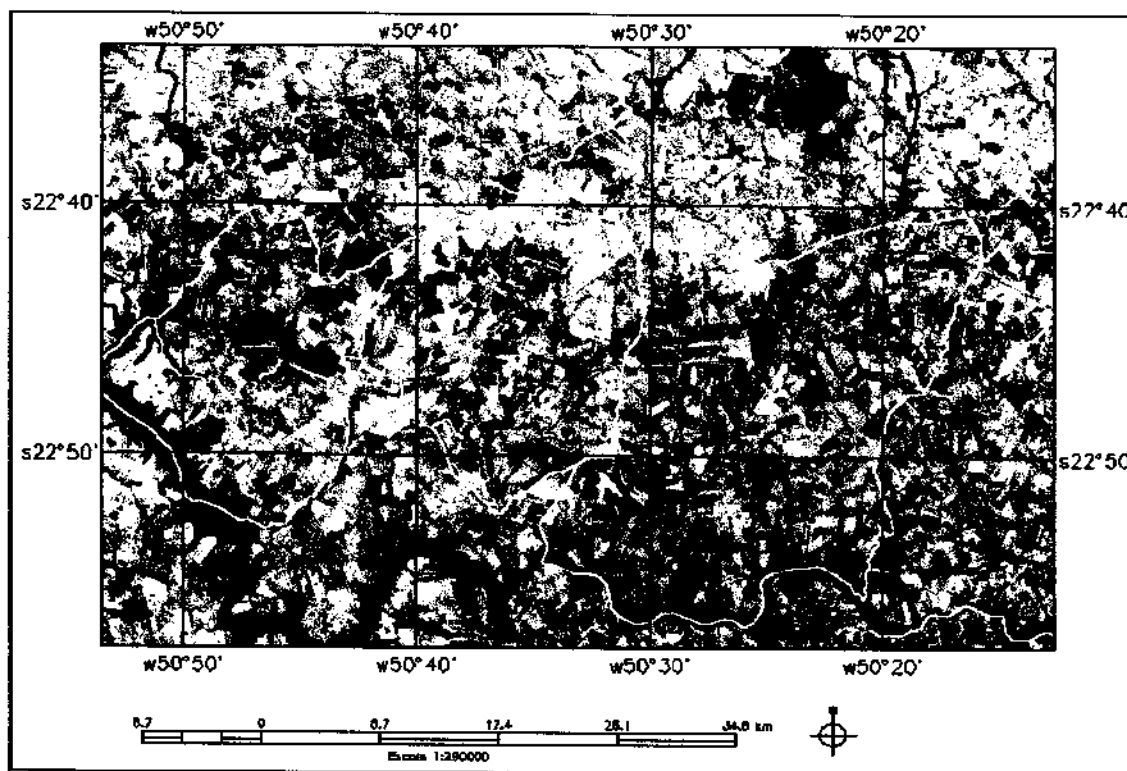


Fig. 4.1 – Limite das lavouras, obtidos com GPS e imagem Landsat de 30/04/2001.

4.2 – SINISTROS NO MILHO SAFRINHA

No presente trabalho, foram acompanhadas e avaliadas 37 lavouras de milho safrinha, sendo que em 31 houve comunicado de ocorrência de sinistro associado, principalmente, à seca. Todavia, 16 destas lavouras se recuperaram e somente as 15 lavouras restantes foram indenizadas pelo seguro agrícola, pois obtiveram produtividade inferior a 70% do valor da produtividade média dos últimos três anos. A Tabela 4.1 apresenta os valores de produtividade esperada (PE; média dos últimos três anos), produtividade segurada (PS; 70% de PE), produtividade obtida na safra corrente (PO), e natureza do sinistro associado à perda.

**TABELA 4.1 - VALORES DE PRODUTIVIDADE ESPERADA (PE),
PRODUTIVIDADE SEGURADA (PS), PRODUTIVIDADE OBTIDA NA SAFRA
CORRENTE (PO), E NATUREZA DO SINISTRO**

LAVOURA	PE	PS	PO	NATUREZA DO SINISTRO
1	3249	2274	1980	SECA
2	3500	2450	3200	NENHUM
3	3963	2774	1900	SECA
4	3719	2603	1240	SECA
5	3557	2489	500	SECA
6	4120	2884	4300	NENHUM
7	4090	2863	1512	GEADA
8	4350	3045	3720	NENHUM
9	3553	2487	1735	SECA
10	3563	2494	3347	NENHUM
11	3563	2494	870	SECA
12	4350	3045	3020	NENHUM
13	4350	3045	2230	NENHUM
14	3850	2695	1480	SECA
15	4215	2950	2230	SECA
16	3847	2692	2600	NENHUM

(continua)

continuação				
LAVOURA	PE	PS	PO	NATUREZA DO SINISTRO
17	3850	2695	970	SECA
18	3471	2429	2600	NENHUM
19	3249	2274	1800	VENDAVAL
20	3719	2603	2670	NENHUM
21	3381	2366	2700	NENHUM
22	3905	2733	5132	NENHUM
23	3709	2596	3300	NENHUM
24	3719	2603	1490	SECA
25	3902	2731	3720	NENHUM
26	3000	2100	2500	NENHUM
27	3643	2550	2107	SECA
28	3500	2450	1630	SECA
29	3397	2377	3200	NENHUM
30	4350	3045	3970	NENHUM
31	4350	3045	3970	NENHUM
32	4500	3150	3220	NENHUM
33	3720	2604	3720	NENHUM
34	-	-	2480	NENHUM
35	-	-	3220	-
36	4159	2911	1488	SECA
37	4156	2909	2980	NENHUM

A distribuição percentual da natureza dos sinistros observada em 670 lavouras de milho safrinha, seguradas nos municípios de Cândido Mota, Cruzália, Maracá, Palmital, Pedrinhas Paulista e Tatumã (Figura 4.2a) reproduz a tendência observada nas lavouras acompanhadas (Figura 4.2b), ou seja, seca foi o evento determinante dos sinistros ocorridos nestes municípios na entre safra de 2001. De fato, no período compreendido entre fevereiro e março, época do semeio do milho safrinha, é comum a ocorrência de veranicos. Isso pode ser visualizado através da Figura 4.3 que apresenta a precipitação pluviométrica diária em quatro estações dos municípios da área de estudo, durante a entre safra de 2001. Nota-se a

freqüente ocorrência de períodos com mais de 10 dias sem chuva ou com precipitação inferior a 10 mm por dia. O estresse causado pelo déficit hídrico pode afetar a germinação das plântulas, o crescimento das plantas, assim como os componentes de produtividade (Fancelli, 2001).

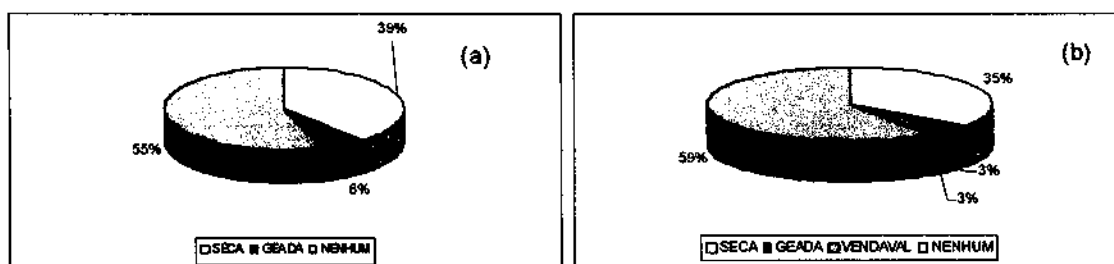


Fig. 4.2 – Percentual de ocorrência de sinistros em todas as lavouras seguradas nos municípios da área de estudo (a) e nas lavouras acompanhadas no presente trabalho (b).

Foi registrada a ocorrência de geada nos dias 21 e 22 de junho. Nesta ocasião, grande parte das lavouras já se encontrava em estágio avançado de desenvolvimento, de tal forma que os sinistros por geada foram muito reduzidos. Das 37 propriedades analisadas (Tabela 4.1) apenas uma foi indenizada por geada e outra por vendaval.

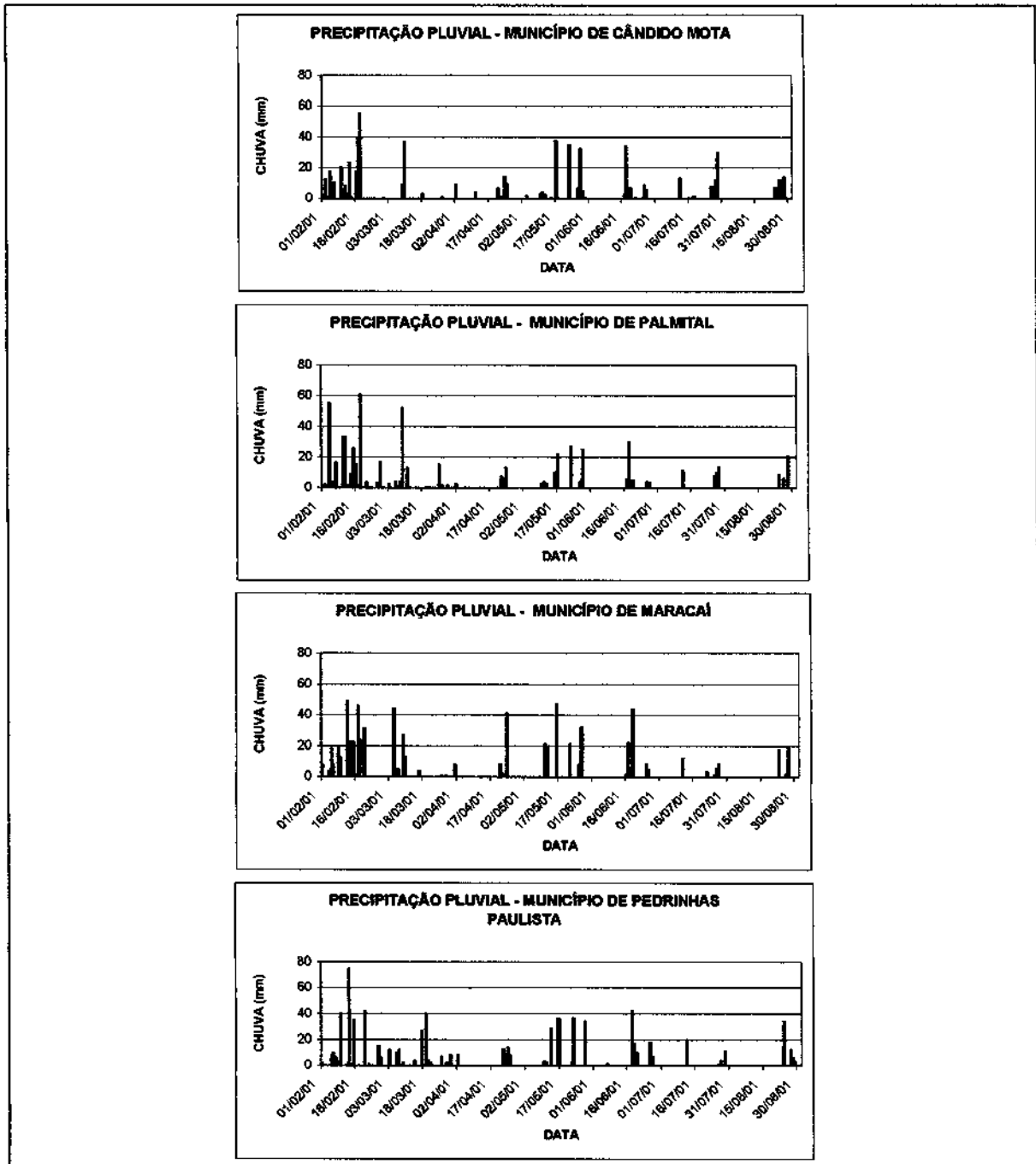


Fig. 4.3 – Precipitação pluvial observada em estações pluviométricas localizadas nos municípios da área de estudo.

4.3 - ANÁLISE DOS VALORES DE NDVI

Cinco imagens livres de cobertura de nuvens adquiridas pelos satélites Landsat estiveram disponíveis para análise dos valores de NDVI, ao longo de diferentes estádios fenológicos

do milho safrinha, na entre safra de 2001. A partir da data de plantio foi possível inferir, o estágio fenológico em que se encontrava a lavoura. Analisou-se então a evolução do NDVI em lavouras bem desenvolvidas e em lavouras sob estresse, a fim de verificar o impacto da variação temporal deste índice sobre a produtividade.

Os valores de NDVI, nas cinco datas de passagem do Landsat, para cada lavoura e suas respectivas subdivisões, encontram-se na Tabela 4.2. Nas imagens de 05 de março e 14 de abril não foi possível obter o NDVI para todas as lavouras em função da contaminação por nuvens.

A variação dos valores de NDVI apresentados na Tabela 4.2, dentro de uma mesma data de passagem do satélite, deve-se em grande parte aos seguintes fatores: 1) o período de semente variou de 10 de fevereiro a 30 de março; 2) a utilização de cultivares de ciclos precoce e tardio; e 3) a interação da temperatura e da disponibilidade de água com o estágio fenológico.

TABELA 4.2 - VALORES DE NDVI NAS CINCO DATAS DE PASSAGEM DO SATÉLITE, PRODUTIVIDADE OBSERVADA (kg ha⁻¹) E VALORES DO ISNA

Lavoura	Data de Semeio	Datas de Passagem do Landsat					Produtividade Observada (kg ha ⁻¹)	ISNA
		05-03	14-04	30-04	01-06	03-07		
1	07/03/01	0,528	0,490	0,775	0,843	0,740	1980	0,880
2	14/03/01	0,537	0,500	0,711	0,864	0,740	3200	0,940
3	27/02/01	0,236	0,810	0,856	0,848	0,620	1900	0,680
4	02/03/01	0,272	0,650	0,779	NUVEM	0,640	1240	0,950
5	10/02/01	0,264	0,480	0,538	0,568	0,440	500	0,270
6-A	14/03/01	0,539	0,630	0,782	0,866	0,815	4710	0,990
6-B	14/03/01	0,530	0,610	0,786	0,878	0,812	4710	0,990
6-C	14/03/01	0,551	0,530	0,741	0,863	0,792	3595	0,990
7	14/03/01	0,303	0,730	0,859	0,820	0,504	1512	0,990
8	03/03/01	0,291	0,883	0,879	0,857	0,575	3720	0,920
9-A	27/02/01	0,440	0,510	0,788	0,878	0,710	2479	0,850

(continua)

Continuação

Lavoura	Data de Semeio	Datas de Passagem do Landsat					Produtividade Observada (kg ha ⁻¹)	ISNA
		05-03	14-04	30-04	01-06	03-07		
9-B	13/03/01	0,653	0,390	0,707	0,901	0,600	744	1,000
9-C	27/02/01	0,546	0,350	0,609	0,895	0,790	2479	0,850
10	22/02/01	0,238	0,864	0,865	0,846	0,434	3347	0,810
11	14/03/01	0,567	0,442	0,683	0,852	0,648	870	1,000
12	10/03/01	0,407	0,704	0,821	0,867	0,411	3020	1,000
13	06/03/01	0,251	0,790	0,828	0,816	0,494	2230	0,980
14	13/03/01	0,508	0,377	0,603	0,835	0,791	1480	0,980
15	13/03/01	0,467	0,385	0,508	0,711	0,714	2230	0,980
16	27/02/01	NUVEM	0,842	0,868	0,866	0,597	2600	0,890
17	01/03/01	0,436	0,448	0,628	0,760	0,633	970	0,940
18	03/03/01	0,228	NUVEM	0,865	0,875	0,602	2600	0,670
19	08/03/01	0,216	NUVEM	0,862	0,858	0,611	1800	0,870
20	05/03/01	0,472	0,838	0,807	0,649	0,449	2670	0,820
21	14/03/01	0,370	NUVEM	0,857	0,895	0,756	2700	0,940
22-A	05/03/01	0,261	NUVEM	0,874	0,879	0,608	5132	0,750
22-B	05/03/01	0,282	NUVEM	0,872	0,880	0,608	5132	0,750
23	11/03/01	0,401	NUVEM	0,731	0,876	0,765	3300	0,930
24	08/03/01	0,232	NUVEM	0,664	0,881	0,736	1490	0,800
25-A	12/03/01	0,387	0,470	0,816	0,891	0,790	3967	0,920
25-B	13/03/01	0,395	0,630	0,864	0,897	0,730	4215	0,930
25-C	14/03/01	0,389	0,580	0,836	0,878	0,720	3967	0,940
25-D	03/03/01	0,297	0,830	0,859	0,826	0,520	3720	0,780
25-E	08/03/01	0,352	0,720	0,863	0,869	0,630	4215	0,800
25-F	05/03/01	0,264	0,720	0,812	0,817	0,590	3347	0,820

(continua)

Continuação

Lavoura	Data de Semeio	Datas de Passagem do Landsat					Produtividade Observada (kg ha ⁻¹)	ISNA
		05-03	14-04	30-04	01-06	03-07		
25-G	10/03/01	0,266	0,770	0,871	0,860	0,620	4463	0,900
26	03/03/01	0,225	NUVEM	0,856	0,849	0,550	2500	0,780
27-A	20/03/01	0,362	0,620	0,763	0,835	0,660	2781	1,000
27-B	26/02/01	0,279	0,630	0,720	0,732	0,430	1440	0,630
27-C	24/02/01	0,243	0,730	0,793	0,769	0,520	2510	0,740
27-D	10/02/01	0,312	0,830	0,771	0,692	0,420	1627	0,280
27-E	22/02/01	0,239	0,846	0,848	0,772	0,477	1852	0,640
27-F	15/03/01	0,482	0,620	0,764	0,795	0,730	1635	0,990
27-G	24/03/01	0,432	0,420	0,702	0,851	0,790	3569	ENSAIO
27-H	15/03/01	0,453	0,584	0,749	0,829	0,733	1577	0,990
27-I	19/03/01	0,409	0,464	0,660	0,809	0,746	1751	1,000
27-J	15/03/01	0,393	0,580	0,754	0,818	0,690	1951	0,990
27-K	15/03/01	0,474	0,640	0,777	0,811	0,750	2781	0,990
27-L	15/03/01	0,464	0,580	0,729	0,836	0,720	1494	0,990
27-M	10/03/01	0,492	0,510	0,720	0,820	0,740	2615	0,970
27-N	20/03/01	0,410	0,360	0,567	0,782	0,750	2615	1,000
27-O	8/03/01	0,275	NUVEM	0,859	0,844	0,620	1079	0,990
27-P	8/03/01	0,297	NUVEM	0,866	0,868	0,780	2158	0,990
27-Q	20/03/01	0,373	NUVEM	0,617	0,867	0,780	1826	1,000
28	15/03/01	0,440	0,568	0,744	0,865	0,735	1630	0,990
29-A	17/03/01	0,510	0,460	0,726	0,881	0,720	2975	1,000
29-B	01/03/01	0,288	0,760	0,854	0,863	0,440	1735	0,840
29-C	06/03/01	0,302	0,740	0,835	0,836	0,450	1735	0,910
29-D	22/03/01	0,701	0,450	0,694	0,867	0,710	2975	1,000

(continua)

Conclusão

Lavoura	Data de Semeio	Datas de Passagem do Landsat					Produtividade Observada (kg ha ⁻¹)	ISNA
		05-03	14-04	30-04	01-06	03-07		
29-E	16/03/01	0,505	0,590	0,810	0,867	0,670	2975	1,000
30-A	12/03/01	0,462	0,430	0,762	0,906	0,820	3720	1,000
30-B	12/03/01	0,479	0,470	0,804	0,900	0,770	3966	1,000
31	12/03/01	0,482	0,480	0,734	0,853	0,772	3970	1,000
32-A	06/03/01	0,227	0,845	0,887	0,872	0,555	3099	0,980
32-B	13/03/01	0,364	0,671	0,854	0,893	0,754	3720	1,000
33	13/03/01	0,550	0,469	0,790	0,902	0,826	3720	1,000
34	17/03/01	NUVEM	0,663	0,875	0,892	0,790	2480	1,000
35-A	12/02/01	NUVEM	0,748	0,848	0,841	0,522	1735	0,260
35-B	26/02/01	NUVEM	0,803	0,855	0,841	0,563	2727	0,660
35-C	12/02/01	NUVEM	0,507	0,729	0,831	0,536	1735	0,250
35-D	26/02/01	NUVEM	0,447	0,684	0,831	0,741	2479	0,660
35-E	26/02/01	NUVEM	0,481	0,725	0,868	0,835	3471	0,660
36-A	14/03/01	0,32	0,388	0,508	0,703	0,678	1239	0,990
36-B	05/03/01	0,27	0,606	0,728	0,794	0,721	1735	0,960
36-C	14/03/01	0,44	0,390	0,535	0,765	0,746	1239	0,990
37	08/03/01	0,396	0,713	0,801	0,871	0,610	2980	0,870

A Figura 4.4 ilustra a variação temporal do NDVI observada ao longo das cinco passagens do satélite em 8 lavouras que tiveram bom desenvolvimento. De uma maneira geral, nota-se que as lavouras que alcançaram maiores produtividades apresentaram períodos prolongados com altos valores de NDVI, corroborando a observação de Pinter *et al.* (1981). Observa-se nos gráficos da Figura 4.4 que os valores de NDVI começam a crescer a partir das passagens de 14 e 30 de abril para as lavouras com semeio realizados antes de 15 de março e após 20 de março, respectivamente. Isso corresponde à cerca de 30 a 40 dias após o plantio e o NDVI, em geral, continua em ascensão até o final do período de enchimento de grãos.

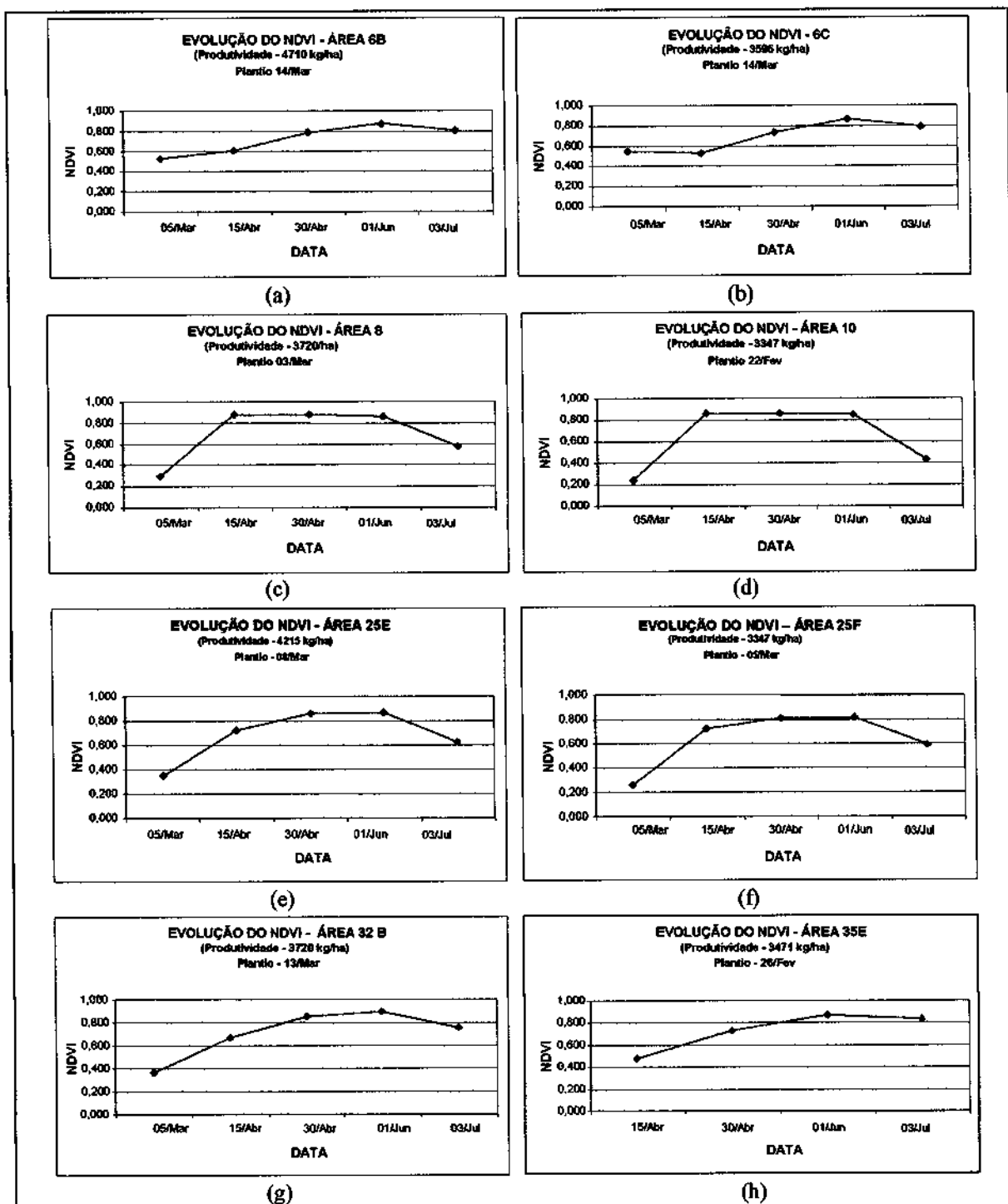


Fig. 4.4 - Gráficos da variação temporal do NDVI, observada ao longo das cinco passagens do satélite Landsat, em 8 lavouras bem desenvolvidas.

A Figura 4.5 ilustra a trajetória do NDVI para quatro lavouras tipicamente sob estresse hídrico e que apresentaram baixo rendimento. Os valores de NDVI foram

comparativamente mais baixos do que os observados em lavouras bem desenvolvidas. Observou-se ainda, que nas lavouras sob estresse, a duração do período de valores altos do NDVI foi relativamente curto, indicando uma aceleração no processo de senescência o qual está relacionado com a redução da duração do índice de área foliar verde, conforme sugeriu Hatfield (1983). Nota-se que para as lavouras bem desenvolvidas o valor máximo do NDVI é superior a 0,8 em pelo menos uma das datas das imagens (Figura 4.4) e para as lavouras estressadas o NDVI é sempre inferior a este valor (Figura 4.5).

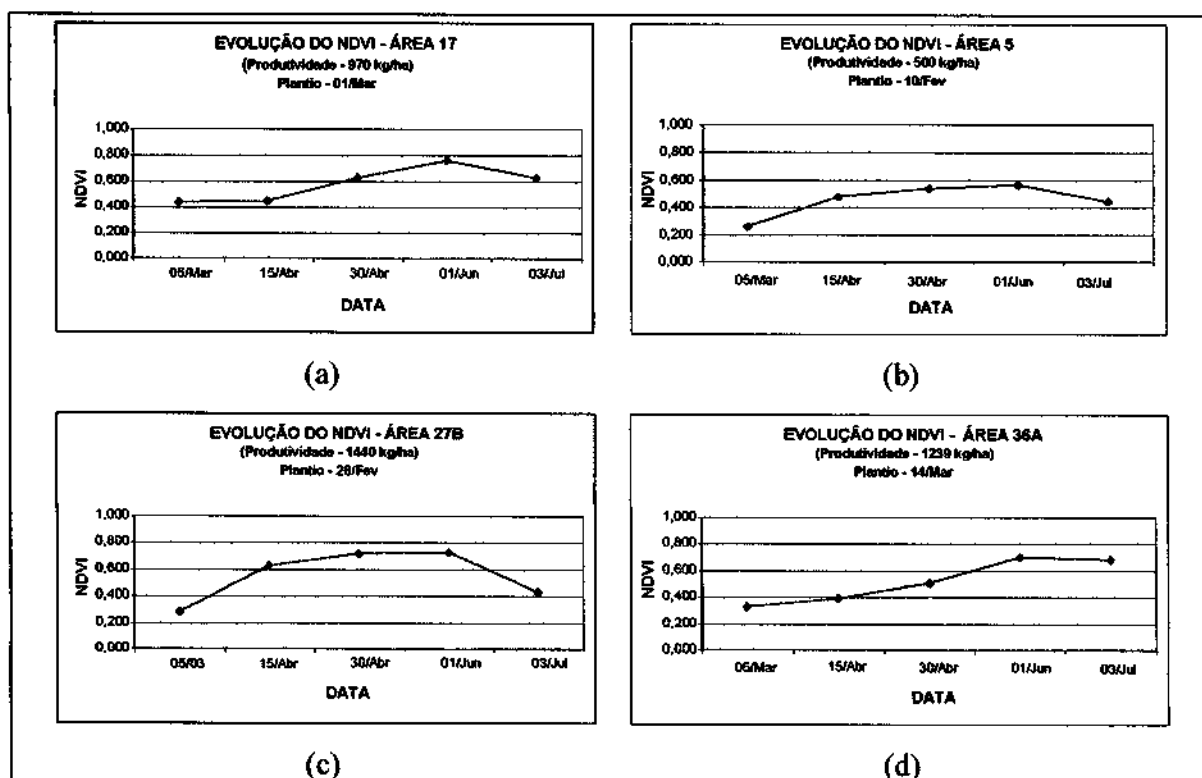


Fig. 4.5 - Gráficos da variação temporal do NDVI observada ao longo das cinco passagens do satélite Landsat em 4 lavouras sob estresse hídrico.

As lavouras representadas pelos gráficos da Figura 4.6 apresentam variações tanto na tonalidade quanto na coloração das imagens do Landsat em composição colorida, deixando claro ao observador que ocorreram problemas no desenvolvimento, especialmente, quando comparadas com a coloração e tonalidade de lavouras bem desenvolvidas. Essa variação pode estar associada a uma série de fatores que interferiram no desenvolvimento normal da cultura e, conseqüentemente, no rendimento. Entre estes fatores podemos citar: 1) data de plantio desfavorável; 2) cultivar não bem adaptado às condições climáticas observadas; 3)

tratos culturais inadequados; e 4) ocorrência de geada ou veranicos entre outros, passíveis ou não de indenização.

Exemplo disso é a lavoura 27b cuja trajetória dos valores médios de NDVI é apresentada na Figura 4.5c, enquanto a Figura 4.6 apresenta a variação na coloração e tonalidade na imagem. Pode-se observar que, em sua parte central, a lavoura apresenta um comportamento diferenciado em todas as datas de aquisição das imagens. Considerando que o comportamento "anômalo" nesta lavoura foi notado desde o início do desenvolvimento, esta poderia ter sido inspecionada independentemente do aviso de sinistro por parte do segurado, uma vez que a resposta espectral da cultura, captada pela imagem do satélite, reflete seu estado de vigor e desenvolvimento. Durante o trabalho a campo realizado de 23 a 26 de outubro, após a colheita, o proprietário identificou que essa variação de tonalidade nas imagens foi consequência de falha ocorrida no implemento agrícola, por ocasião da aplicação de dessecante, durante o plantio direto, comprometendo o desenvolvimento normal da lavoura.

Uma inspeção em tempo hábil, ou seja, antes da colheita, poderia ter auxiliado na definição mais precisa da estimativa de produtividade na área segurada, uma vez que perdas causadas por falha no trato cultural não são cobertas pelo seguro agrícola.

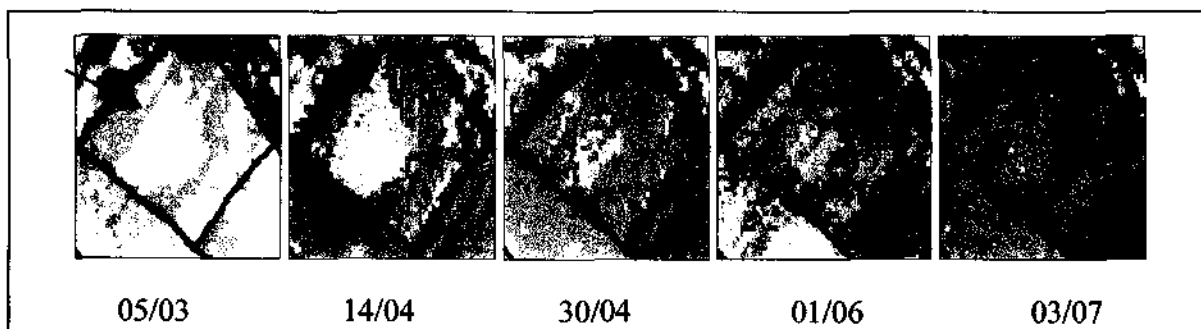


Fig. 4.6 - Consequência de falha na aplicação de dissecante por ocasião do plantio direto, na lavoura 27b.

Distintamente da lavoura 27b (Figura 4.6), onde apenas parte da área apresenta desenvolvimento anormal, a lavoura 5 (Figura 4.7), teve seu desenvolvimento comprometido em toda a sua extensão, como pode ser verificado na seqüência das cinco imagens do satélite. Nesta lavoura uma cultivar de ciclo superprecoce foi semeada em 10 de fevereiro e foi submetida a um período prolongado de seca, o que impediu seu desenvolvimento normal. Como pode ser observado na Figura 4.5b o NDVI máximo não chega a atingir o valor de 0,6 o que indica baixo vigor e comprometimento do desenvolvimento vegetativo.

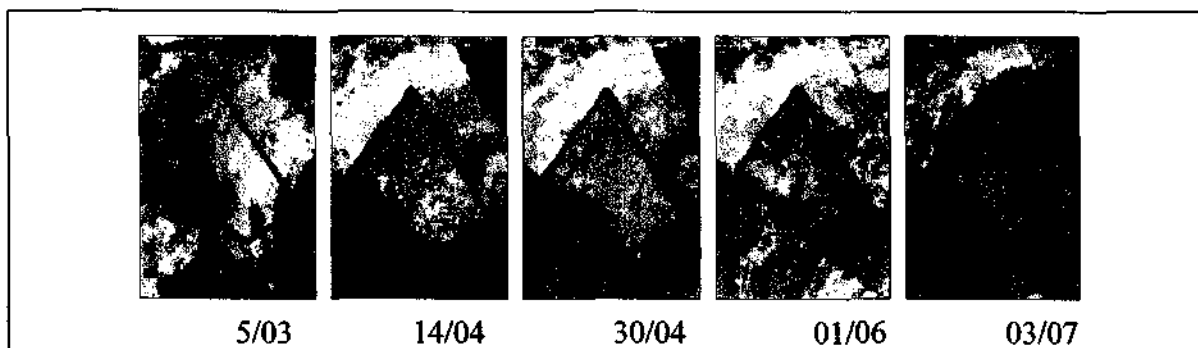


Fig. 4.7 - Baixo vigor e desenvolvimento em função de um período prolongado de seca na fase inicial de desenvolvimento da lavoura 5.

A interação dos diversos fatores climáticos, agrônômicos, edáficos, fitossanitários etc. e seus efeitos sobre a produtividade do milho safrinha é complexa. De certa forma, a variação no comportamento espectral, especialmente no visível e infravermelho próximo, expressa o efeito coletivo desses fatores sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura, como pode ser observado visualmente no exemplo das Figuras 4.6 e 4.7. Conforme discutido acima, a causa da anomalia observada na imagem, somente pôde ser identificada

após visita a campo ou confrontação com dados meteorológicos. Neste sentido, a interpretação visual das imagens nas demais lavouras da área de estudo se mostrou extremamente útil na identificação do problema, mas não da causa.

Uma análise quantitativa da relação dos valores de NDVI, obtidos a partir de imagens adquiridas durante as fases de floração ou enchimento de grãos (fase sensível) com a produtividade observada mostrou que o NDVI explicou 54% da variação na produtividade, conforme apresentado na Figura 4.8. Cabe salientar que a fase sensível da cultura foi estimada a partir da data de semeadura, informada pelo produtor, e dos graus dia necessários para atingi-la (Brunini *et al.*, 2001). Desta forma, os valores de NDVI para cada lavoura referem-se à data da imagem que mais se aproxima do período de floração-enchimento de grãos.

O gráfico mostra que mesmo para valores de NDVI mais altos no período de floração-enchimento de grãos foram observadas produtividades baixas, enquanto baixos valores de NDVI, nesta fase, estão necessariamente associados às produtividades mais baixas. Isso pode ser explicado, em parte, pelo fenômeno conhecido como seca verde, caracterizado pela má distribuição da chuva ao longo do ciclo da cultura, que permite a manutenção das folhas verdes, porém compromete a sua produtividade.

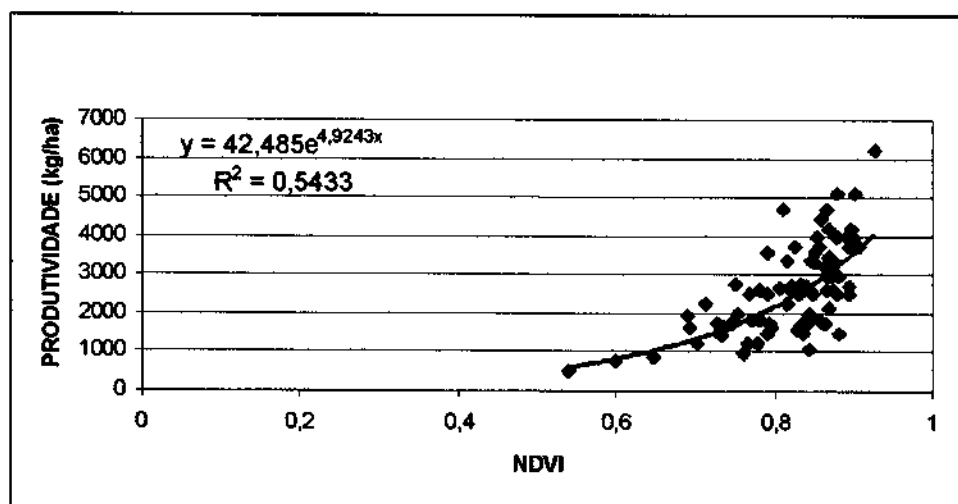


Fig. 4.8 - Regressão dos valores de NDVI da fase sensível com a produtividade observada em 37 lavouras.

4.4 - ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA - ISNA

Os valores do índice de penalização ou ISNA (índice de satisfação das necessidades de água) obtido em função da variação na data de semeio, da duração do ciclo e dos subperíodos dos cultivares utilizados em cada lavoura analisada, encontram-se na Tabela 4.2.

A correlação entre os valores do ISNA e da produtividade observada não foi significativa. Cabe salientar que a deficiência hídrica foi a principal causa da redução na produtividade observada e, conseqüentemente, da ocorrência de sinistros (Figura 4.3).

Na simulação do balanço hídrico, o ciclo da planta foi dividido em quatro fases, sendo que o período de germinação e maturação foram fixados em sete e quinze dias respectivamente, enquanto os períodos vegetativo e de floração-enchimento de grãos, variaram de acordo com a soma térmica dos graus dia. Entretanto, a duração dessas fases intermediárias da cultura foi relativamente longa, o que poderia ter mascarado a ocorrência de veranicos durante esses subperíodos. Deste modo, o modelo considerou a quantidade de chuva dentro de um período longo de tempo, mas não a sua distribuição dentro dele. Melhores resultados poderiam ser alcançados por meio da substituição das fases fenológicas da cultura por decêndios na simulação do balanço hídrico.

4.5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS DO SEGURO AGRÍCOLA PARA O ANO SAFRA DE 2001

Nos municípios da área de estudo (Maracá, Cruzália, Cândido Mota, Tarumã e Palmital) foram seguradas 670 lavouras de milho safrinha. Dentre essas, um percentual maior que 90% possui área menor que 100 ha (Figura 4.9).

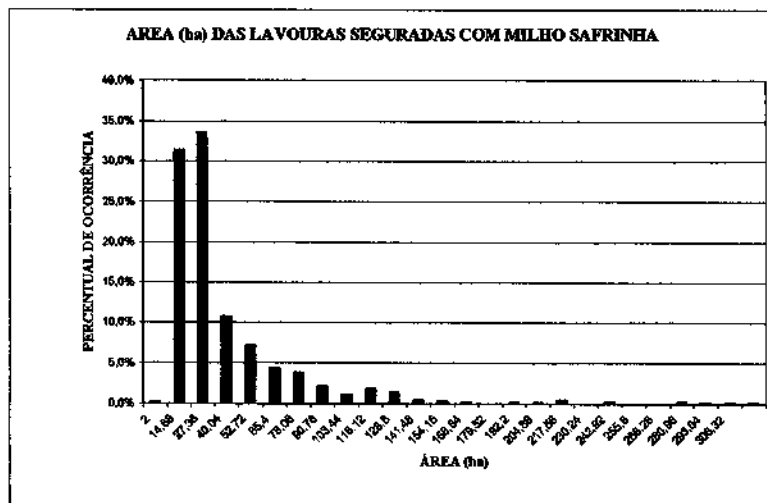


TABELA 4.3 – ANÁLISE DAS LAVOURAS SINISTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO

Lav.	Prej. %	Área Seg.	Prod. Esp.	Prod. Seg.	Prod. Observ.	Data Prev. Plantio	Evento	Mun.
9	38,01	121	3553	2487	1542	13/03	Seca	C. Mota
11	58,34	41	3563	2494	1039	27/01	Seca	C. Mota
3	30,96	72	3963	2774	1915	27/02	Seca	Cruzália
28	33,07	18	3500	2450	1640	15/03	Seca	Cruzália
36	48,45	49	4159	2911	1501	01/03	Seca	Cruzália
7	31,65	96	4090	2863	1957	15/03	Geada	Maracá
4	51,37	36	3719	2603	1266	10/03	Seca	Maracá
5	79,72	108	3557	2489	505	01/03	Seca	Maracá
14	29,75	113	3850	2695	1893	10/03	Seca	Maracá
15	22,04	14	4215	2950	2300	10/03	Seca	Maracá
17	53,57	24	3850	2695	1251	10/03	Seca	Maracá
27	17,05	278	3643	2550	2115	23/02	Seca	Maracá
1	10,14	12	3249	2274	2043	07/02	Seca	P. Paulista
24	42,12	12	3719	2603	1507	08/03	Seca	P. Paulista
19	20,83	22	3249	2274	1800	07/03	vendaval	P. Paulista
Total		1016						
Média	37,80		3725	2607	1618			

O percentual médio de prejuízo para as lavouras sinistradas na região de estudo foi de aproximadamente 39%, sendo que cerca de 30% das áreas obtiveram prejuízo maior que 50% (Figura 4.10a). Entretanto esse alto percentual também não deixa de ser um reflexo da superestimação da produtividade esperada uma vez que esta tem participação no cálculo do percentual de prejuízo (Figura 4.10b).

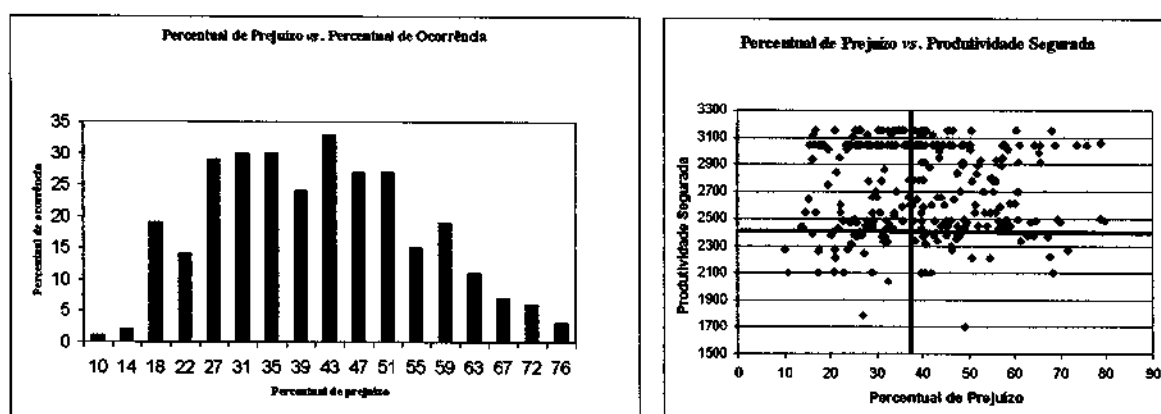


Fig. 4.10 – a) Percentual de prejuízo vs. percentual de ocorrência. b) Gráfico percentual de prejuízo vs. produtividade segura.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização das tecnologias geoespaciais é fundamental no processo de avaliação dos sinistros, uma vez que permitem confrontar informações verbais, fornecidas pelo segurado, com a realidade no campo.

As imagens de satélites de sensoriamento remoto se apresentaram como um valioso instrumento de monitoramento das áreas seguradas, atuando como um eficiente indicador das condições de crescimento e desenvolvimento das lavouras como um todo e também de forma localizada. Todavia, podem não responder a variações na produtividade em função do fenômeno denominado seca verde. Além disso, a indisponibilidade de imagens livres de cobertura de nuvens pode prejudicar o acompanhamento de culturas de verão.

A utilização de um SIG, para manipulação e visualização das imagens de satélite, aliado a um banco de dados contendo informações sobre a propriedade e a cultura, permite realizar uma série de análises com vista ao acompanhamento do desempenho de cada área, de forma rápida e objetiva. O resultado dessas análises podem ser confrontadas com os avisos de sinistro comunicados pelo produtor. A informatização deste procedimento permite a inspeção expedita em um grande número de áreas, vindo minimizar e otimizar as indispensáveis vistorias em campo, a fim de quantificar, em caso de sinistro, o valor da indenização.

Informações agroclimatológicas são úteis na avaliação das condições de crescimento e desenvolvimento das lavouras. Uma avaliação conjunta, combinando a resolução espacial das imagens de satélite, com a alta resolução temporal dos dados meteorológicos, permite maior eficiência no acompanhamento das lavouras seguradas do que a análise desses indicadores separadamente.

O alto número de lavouras sinistradas não está relacionado apenas à ocorrência de eventos sinistrantes, mas ocorre também devido a superestimativa da produtividade esperada em função da qual é calculado o percentual de prejuízos de cada lavoura;

A alimentação de um banco de dados com informações referentes a cada lavoura segurada, acumuladas ao longo do tempo, permitirá uma melhor contextualização espacial das áreas

em termos de desempenho e a identificação de áreas potencialmente mais produtivas, o que se refletirá no estabelecimento de uma metodologia atuarial adequada à atividade agrícola. Sugere-se a obtenção de ISNAs decendiais, ao invés de um único valor desse índice para cada fase fenológica, na simulação do balanço hídrico. Desta maneira, será melhor considerada a distribuição da precipitação pluviométrica ao longo do ciclo da planta e dentro dos subperíodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, M. A. H. Página do **Mauro Antônio Homem Antunes**. [on line]. 28 agosto 2001. <<http://www.ltid.inpe.br/dsr/mauro/>>. 10 fevereiro 2002.
- Asrar, G. **Theory and applications of optical remote sensing**. New York, John Wiley & Sons, 1989. 734p.
- Assad, E. D.; Sano, E. E.; Bezerra, H. S.; Silva, S. C.; Lobato, E. J. E. Uso de Modelos Numéricos de Terreno na espacialização de épocas de plantio. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. **Sistemas de informações geográficas: Aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA Cerrados, 1998. p. 311-327.
- Assad, E. D. **Palestra 7 – Novas técnicas de zoneamento agrícola no Brasil**. [on line]. Disponível em: <http://masrv54.agricultura.gov.br/anais/palestra7.htm>. Mar. 2002.
- Bailey T. C.; Gatrell, A. **Interactive spatial data analysis**. England: Longman 1996, 414p.
- Bauer, E. M. Spectral inputs to crop identification and condition assessment. **Proceedings of the IEEE**, v.73, n.6, p.1071-1096. 1985.
- Barbano, M.T.; Duarte, A.P.; Brunini, O.; Reco, P.C.; Paterniani, Kanthack, R.A.O. Acúmulo Térmico e Duração do Sub-período Semeadura-Florescimento Masculino em Cultivares de Milho no Estado de São Paulo. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo 23., Uberlândia, MG, 2000. Página inicial 32.
- Brunini, O. Probabilidades de cultivo do milho “safrinha” Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10., Assis fev. 1997. **Anais**. Assis: IAC/CDV, 1997. p. 37-55.
- Brunini O.; Zullo Jr. J.; Pinto, H. S.; Assad, E. D.; Sawazaki E.; Duarte, A. P.; Barbano, M. T.; Blain, G. C. Milho safrinha - adaptabilidade e riscos climáticos no Estado de São Paulo. In: Seminário Nacional de milho safrinha, 10., Londrina, Jun. 2001, **Anais**. Londrina: FAPEAGRO, 2001. p. 51-67.

- Brunini, O. **Coefficientes de cultura em função dos valores de graus-dia**. 2002. No prelo.
- Câmara, G., R.C.M.; Souza, U. M. Freitas; J. C. P. Garrido, "SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling." **Computers and Graphics**, v.15, n.6, p.13-22, 1996.
- Câmara, G.; Medeiros J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. **Sistemas de informações geográficas: Aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa Cerrados, 1998. p. 3-45,.
- CIRAD-CA Unité de Recherche "Gestion de l'eau". Manuel d'utilisation de SARRA Zonage. Montpellier, 1996.
- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). Milho safrinha – Técnicas para o cultivo no Estado de São Paulo. Documento Técnico 113. São Paulo, 2000. 16p.
- Cowell J. E. Vegetation Canopy reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v. 3, n. 3, p. 175-183, 1974.
- Curran, P. J.; Milton, E. J. The relationships between the chlorophyll concentration, LAI and reflectance of a simple vegetation canopy. **International Journal of Remote Sensing**, v.4, n. 2, p. 247-255, 1983.
- D'Alge, J. C. L. **Precisão de registro de imagens digitais**: Notas de aula dadas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1.trim. 2000.
- Doorembos, J.; Kassam, A. H. Yield response to water. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. (FAO-Plant Production and Protection, paper nº 33). 1979.
- Duarte, V. Fiscalização de propriedades agrícolas por satélite – Fase I. In: V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, out. 1988. **Anais. Vol I** 1988. p. 217-221.

- Epiphanio, J.C.N.; Leonardi, L.; Formaggio, A.R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.3, p.439-447, Mar. 1994.
- Epiphanio, J. C. N.; Gleriani, J. M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.
- Fancelli, L. A. Fisiologia das plantas de milho em condições de safrinha. In: VI Seminário Nacional de milho safrinha. Londrina, Jun. 2001, **Anais**. Londrina: FAPEAGRO, 2001. p. 11-31.
- Formaggio, A.R. **Características agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e de feijão**. Piracicaba. 161 p. Tese Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989.
- Gallo K. P.; Daughtry C. S. T.; Bauer, M. E. Spectral estimation of Absorbed Photosynthetically Active Radiation en corn canopies. **Remote Sensing of Environment**, v.17 n. 3 p. 221-232, 1985.
- Garcia, J. C. Evolução da área e produtividade do milho "safrinha" por Estado. In: IV Seminário sobre a Cultura do Milho "Safrinha". Assis, fev. 1997. **Anais**. Campinas: IAC/CDV, 1997. p. 11-14.
- Guyot, G. Optical properties of vegetation canopies. In: Steven, M.D.; Clark, J.A. (ed). **Applications of remote sensing in agriculture**. London: Butterworths, 1990. Cap. 2, p. 19-43.
- Hatfield J. L. Remote Sensing Estimators of potencial and actual crop yield. **Remote Sensing of Environment**, v.13, n.1, p.301-311, 1983.
- Hatfield J. L.; Asrar G.; Kanemasu E. T. ntercepted Photosynthetically Active Radiation estimated by spectral reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v.14, n.1, p.65-75, 1984.

- Jackson, R. D.; Huete, A. R. Interpreting vegetation index. **Preventive Veterinary Medicine** v.11 p. 185-200, 1991.
- Knipling, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.1, n.3, p.155-159. 1970.
- Landsat Program [on line] Disponível em: <<http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat>> Novembro, 2001.
- Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 3ed. New York: Wiley, 1994. 750p.
- Lopes Assad, M. L.; Sans, L. M. A.; Zullo Jr. J.; Assad E. D. Relação entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros In: XII Congresso Brasileiro de agrometeorologia. Fortaleza, Jul. 2001. **Anais**. Fortaleza, 2001. p. 639-640.
- Martins Neto, J. Seguro Rural para milho "safrinha". In: Seminário sobre a cultura do milho "safrinha", 4., Assis, fev. 1997, **Anais**. Campinas: IAC/CDV, 1997. p. 61-64.
- Mather, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons. 1999. 292 p.
- Moran, M. S.; Jackson, R. D.; Slater, P. N.; Teillet, P. M. Comparasion of atmosferic correction procedures for visible and near-IR satellite sensor output. In: **Proceedings of the 5th International Colloquium - Phisycal Measurements and Signatures in Remote Sensing**, 5., Couchervel, January France. 1991. ESA SP 7-12.
- Mota, F. S. Influência do clima sobre o rendimento do trigo no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10., Piracicaba Jul. 1997. **Anais**. Piracicaba: USP, 1997. p. 52-54.
- Mundstock, C. M. Aspectos Fisiológicos da tolerância do milho ao frio. In: Seminário sobre a cultura do milho "safrinha"3., Assis, fev. 1995. **Anais**. Campinas: IAC/CDV, 1997. p. 45-48 .

- Paris, J. F. **Applications of remote sensing to agribusiness** [on line] 34p. maio 2001.
Disponível em: <<http://www.microimages.com/papers/>>. Janeiro 2002.
- Pinter, P. J.; Jackson, R. D.; Idso, S. B.; Reginato, R. J. Multidate spectral reflectance as predictors of yield in water stressed wheat and barley. **International Journal of Remote Sensing**, v.2, n. 1, p. 43-48, 1981.
- Rossetti, L. A. Palestra 1 - Securidade e Zoneamento Agrícola no Brasil. Novos rumos. [on line]. Disponível em: <http://masrv54.agricultura.gov.br/anais/palestra7.htm>. Mar. 2002.
- Rouse Jr., J. W., Hass, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, 1973. **Proceedings**. Washington: NASA, 1974. v.1, p. 309-317.
- Rudorff, B. F. T.; Batista, G. T. **Relatório da fase I do Projeto Estima**: desenvolvimento de um modelo de estimativa da produtividade agrícola de cana-de-açúcar baseado em dados Landsat e agrometeorológicos. São José dos Campos: INPE, 1988, 136p. (INPE- 4466-RPE/560).
- Sabins, F.F. **Remote sensing. Principles and interpretation**. São Francisco. W. H. Freeman. 1978. 426 p.
- Setzer, R. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai, 1966, 66p.
- Souza S. A. V.; Frizzone, J. A. Simulação da ocorrência de veranicos em Piracicaba e seu efeito em duas épocas de plantio de milho. In: X Congresso Brasileiro de agrometeorologia. Piracicaba, Jul. 1997. **Anais**. Piracicaba: USP, 1997. p. 119-121.
- Swain, P.H.; Davis, S.M., ed. **Remote sensing: the quantitative approach**. New York, McGraw-Hill, 1978. 396 p.
- CIRAD. Systeme d'Analyse Regionale des Risques Agroclimatiques. Montpellier 1995. (Module sarrabil Guide d'utilisation). 26p.

- Tardin, A. T. Os grandes projetos realizados no exterior. In: Formaggio, A R.; Tardin, T.; Ruddorff, B. T.; Assunção, G. V.; Epiphanyo, J. C. N.; Moreira, M. A.; Chen, C. S.; Duarte, V. **O sensoriamento remoto na agricultura: conceitos básicos, metodologia e aplicações**. São José dos Campos: INPE, 1989. cap.30, p.171-171. (INPE- 5125-RPE/630).
- Tsuneshiro, A.; Godoy, R. C. B. Histórico e perspectivas do milho safrinha no Brasil. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 6., Londrina, Jun. 2001, **Anais**. Londrina: FAPEAGRO, 2001. p. 1-10.
- Tucker, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.8 n. 11, p. 127-150, 1979.
- Tucker, C. J; Holben, B. N.; Elgin Jr. J. H.; McMurtrey J. E. III. Relationship of spectral data to grain yield variation. **Remote Sensing of Environment**, v. 46, n. 5, p. 657-666, 1980.
- Tucker, C. J; Holben, B. N.; Elgin Jr. J. H.; McMurtrey J. E. III. Remote Sensing of total dry matter accumulation in winter wheat. **Remote Sensing of Environment**, v.11, n.1, p.171-179, 1981.
- Vermote, E. F.; Tanré, D.; Deuzé J. L.; Herman, M.; Morcrette, J. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview. **Geoscience and Remote Sensing**, v.35, n.3, p. 675-686, 1997.
- Vogt, J. V. The use of low resolution satellite data for crop state monitoring possibilities and limitations. In: Workshop for Central and Eastern Europe on agrometeorological models: theory and applications in the MARS Project. Ispra, Italy nov. 1994. **Proceedings ISPRA**, p. 223-240.

APÊNDICE A – EXEMPLO DE ARQUIVO COM PARÂMETROS USADOS NA ATENUAÇÃO DOS EFEITOS ATMOSFÉRICOS PELO MODELO 6S

7 (Landsat TM geometrical conditions)
06 01 13.03 -51.10 -23.07 (month,day,hh.ddd,long.,lat.) (hh.ddd=the decimal hour in universal time)
1 (tropical atmospheric mode)
1 (continental aerosols model)
25 (visibility in km (aerosol model concentration))
-440 (target at m above sea level)
-1000 (sensor on board of satellite)
30 (band of TM Landsat 5=>25=TM1)
-1 (TM image with reflectance scalled between 0 and 255)
18086976 (number of pixels of the image=number of bytes)

**APÊNDICE B – VALORES DECENDIAIS DOS COEFICIENTES DE CULTURA
(Kc) POR LAVOURA**

LAVOURA 1

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,30	1,25	1,22
Graus Dia	183,7	375,65	545,9	713,0	879,6	1030,6	1121,2	1198,1	1309,5	1426,5	1466,4
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,12 mm/dia											

LAVOURA 2

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,40	0,68	0,89	1,05	1,13	1,27	1,30	1,32	1,16	1,06
Graus Dia	195,3	369,0	547,5	703,7	878,4	981,8	1054	1160,7	1279	1350,8
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 3

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,73	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,30	1,27	1,22
Graus Dia	186,45	369,45	556,5	726,8	900,8	1055,9	1187,0	1281,0	1379,1	1500,9
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,01 mm/dia										

LAVOURA 4

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,73	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,31	1,27	1,22
Graus Dia	184,9	367,7	550,65	725,55	892,8	1047,65	1169,1	1251,9	1368,5	1484,0
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz =										

LAVOURA 5

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,33	0,66	0,74	1,06	1,25	1,29	1,33	1,06	0,88	0,77
Graus Dia	174,1	352,3	537,2	720,05	900,95	1055,85	1203,15	1349,95	1471,4	15554,2
Comprimento Máximo da Raiz = 60										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,42 mm/dia										

LAVOURA 6A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,31	1,33	1,30	1,26	1,22
Graus Dia	185,9	361,9	541,1	705,6	874,9	1000,4	1084,2	1200,3	1315,0	1399,0	1440,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 6B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,31	1,33	1,30	1,26	1,22
Graus Dia	185,9	361,9	541,1	705,6	874,9	1000,4	1084,2	1200,3	1315,0	1399,0	1440,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 6C

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,31	1,33	1,30	1,26	1,22
Graus Dia	185,9	361,9	541,1	705,6	874,9	1000,4	1084,2	1200,3	1315,0	1399,0	1440,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 7

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,31	1,33	1,30	1,26	1,22
Graus Dia	185,9	361,9	541,1	705,6	874,9	1000,4	1084,2	1200,3	1315,0	1399,0	1440,0
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 8

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,3	0,62	0,98	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,32	1,33	1,30	1,27
Graus Dia	153,9	315,15	473,3	626,8	769,9	910,0	995,45	1054,75	1138,4	1239,2	1312,6	1361,5
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1 mm/dia												

LAVOURA 9A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,32	0,64	1,01	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,28	1,26
Graus Dia	162,8	320,75	482,2	631,4	779,6	921,55	1021,0	1091,4	1158,4	1258,3	1353,5	1391,9
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1 mm/dia												

LAVOURA 9B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,32	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,30
Graus Dia	161,25	319,4	472,9	616,05	756,1	857,5	936,8	1020,5	1121,3	1194,7	1227,7	1307,6
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,9 mm/dia												

LAVOURA 9C

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,32	0,64	1,01	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,28	1,26
Graus Dia	162,8	320,75	482,2	631,4	779,6	921,55	1021,0	1091,4	1158,4	1258,3	1353,5	1391,9
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1mm/dia												

LAVOURA 10

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K	0,32	0,64	1,00	1,29	1,29	1,29	1,31	1,32	1,33	1,32	1,27	1,24
Graus Dia	166,55	319,0	482,05	636,4	791,7	932,2	1056,6	1133,6	1191,0	1278,5	1377,8	1442,7
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia												

LAVOURA 11

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kc	0,32	0,62	0,9	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,33	1,30	1,27	1,25
Graus Dia	163,5	317,4	472,7	613,2	755,6	852,2	930,0	1021,5	1120,8	1185,7	1226,1	1307,1	1382,9	1420,7
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm														
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,87 mm/dia														

LAVOURA 12

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,3	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,32	1,30	1,26
Graus Dia	157,7	319,5	471,0	616,85	758,4	868,2	950,4	1022,7	1123,8	1219,1	1248	1316,8	1413,2
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,9 mm/dia													

LAVOURA 13

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,3	0,64	0,98	1,29	1,29	1,29	1,30	1,30	1,32	1,33	1,31	1,28	1,26
Graus Dia	154,05	319,2	466,55	619,8	760,15	900	976	1038,3	1128,6	1227,1	1276,5	1332,1	1408
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 0,76 mm/dia													

LAVOURA 14

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,29	1,24
Graus Dia	185,25	364,75	542,15	708,2	876,0	1003,7	1085	1202,8	1317,6	1441,1
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 15

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,29	1,24
Graus Dia	185,25	364,75	542,15	708,2	876,0	1003,7	1085	1202,8	1317,6	1441,1
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 16

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,30	1,27	1,22
Graus Dia	186,4	369,45	556,5	726,8	900,8	1055,9	1187,6	1281,5	1379,1	1500,91
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 17

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,31	1,27	1,22
Graus Dia	187,85	367,9	552,5	727,4	896,2	1051,0	1174,15	1257,8	1372,8	1502,1
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 18

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kc	0,37	0,68	0,89	1,08	1,23	1,29	1,32	1,29	1,06
Graus Dia	178,7	372,9	551,1	729,6	883,9	1038,4	1143,8	1220,6	1355,4
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm									
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2									

LAVOURA 19

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,30	1,24
Graus Dia	183,9	375,4	544,1	710,4	879,5	1020,8	1111,3	1190,4	1306,3	1449,41
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia										

LAVOURA 20

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,31	1,31	1,33	1,30	1,22
Graus Dia	180,9	373,8	546,7	720,4	874,5	1045,0	1139,1	1211,8	1318,7	1490
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 21

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,40	0,68	0,89	1,05	1,13	1,27	1,30	1,32	1,16	1,06
Graus Dia	195,3	369,0	547,5	703,7	878,4	981,8	1054	1160,7	1279	1350,8
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 22A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,68	0,89	1,08	1,23	1,29	1,32	1,33	1,29	1,27
Graus Dia	180,9	373,8	546,7	720,4	879,5	1037,0	1131,1	1203,8	1220,7	1238,8
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,3 mm/dia										

LAVOURA 22B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,68	0,89	1,08	1,23	1,29	1,32	1,33	1,29	1,27
Graus Dia	180,9	373,8	546,7	720,4	879,5	1037,0	1131,1	1203,8	1220,7	1238,8
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,3 mm/dia										

LAVOURA 23

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,75	1,18	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,30	1,26	1,25
Graus Dia	188,7	372,7	548,4	709	879,5	1002,8	1084,9	1179,2	1300,8	1399,9	1426,5
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 24

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,68	0,89	1,05	1,13	1,28	1,31	1,33	1,15	0,97
Graus Dia	183,9	375,4	544,1	710,4	879,5	1012,8	1103,3	1182,4	1298,3	1391,9
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,3 mm/dia										

LAVOURA 25A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,39	0,68	0,89	1,05	1,13	1,27	1,31	1,32	1,16	1,02
Graus Dia	190,6	371,7	548,6	706,8	879	990,7	1071,1	1166,8	1288,4	1375,9
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 25B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,40	0,68	0,89	1,05	1,13	1,27	1,30	1,32	1,16	1,04
Graus Dia	194,2	372,4	550,9	705,2	879,7	987	1063,9	1164,5	1285	1364
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 25C

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,40	0,68	0,89	1,05	1,13	1,27	1,30	1,32	1,16	1,06
Graus Dia	195,3	369,0	547,5	703,7	878,4	981,8	1054	1160,7	1279	1350,8
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 25D

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,37	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,32	1,33	1,28	1,22
Graus Dia	178,7	372,9	551,1	729,6	883,9	1046,4	1151,85	1228,6	1329,2	1492,0
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 25E

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,68	0,89	1,05	1,13	1,28	1,31	1,33	1,15	0,97
Graus Dia	183,9	375,4	544,1	710,4	879,5	1012,8	1103,3	1182,4	1298,3	1391,9
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,3 mm/dia										

LAVOURA 25F

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,31	1,31	1,33	1,30	1,22
Graus Dia	180,9	373,8	546,7	720,4	874,5	1045,0	1139,1	1211,8	1318,7	1490
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 25G

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,75	1,18	1,29	1,27	1,30	1,32	1,33	1,30	1,26	1,25
Graus Dia	186,95	372,8	548,8	709	878,8	1009,4	1095,9	1184,4	1304,3	1412,5	1432,5
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 27A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,38	0,75	1,10	1,29	1,29	1,29	1,30	1,31	1,31	1,30	1,26	1,23
Graus Dia	185,9	361,8	522,05	691,8	832,5	938,9	1031,5	1151,4	1259,5	1295,7	1380,2	1462,1
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia												

LAVOURA 27B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kc	0,38	0,68	0,89	1,06	1,25	1,30	1,33	1,02	1,06
Graus Dia	185,15	370,3	555,0	724,6	900,7	1047,1	1184,2	1279,2	1350,05
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm									
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,4 mm/dia									

LAVOURA 27C

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,37	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,30	1,26	1,23
Graus Dia	182,6	365,9	551,4	723,6	902,8	1053,6	1200,2	1301,5	1388,5	1474,3
Comprimento Máximo da Raiz = 57,8 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 27D

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kc	0,37	0,75	1,15	1,29	1,29	1,31	1,33	1,27	1,22
Graus Dia	174,1	352,3	537,2	729	902,9	1063,8	1211,1	1357,9	1502,4
Comprimento Máximo da Raiz = 56,2 cm									
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia									

LAVOURA 27E

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,37	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,30	1,26	1,24
Graus Dia	182,9	364,2	550,2	726,2	905,4	1055,9	1205,2	1318,7	1402,4	1455,5
Comprimento Máximo da Raiz = 56,75 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 27F

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,68	0,89	1,05	1,13	1,27	1,30	1,33	1,16	1,04
Graus Dia	185,7	360,4	538,1	703,3	873,6	981,1	1066,4	1183,7	1300	1367,2
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,3 mm/dia										

LAVOURA 27G (ÁREA OCUPADA COM EXPERIMENTO AGRÍCOLA)**LAVOURA 27H**

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,37	0,75	1,18	1,29	1,29	1,31	1,33	1,30	1,26	1,24
Graus Dia	182,9	364,2	550,2	726,2	905,4	1055,9	1205,2	1318,7	1402,4	1455,5
Comprimento Máximo da Raiz = 56,75 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia										

LAVOURA 27I

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,12	1,29	1,29	1,29	1,31	1,33	1,30	1,28	1,26
Graus Dia	187,05	357,3	531,3	698,5	850,1	962,0	1059,7	1181,5	1293,2	1355,2	1416,6
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 27J

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,30	1,26	1,25
Graus Dia	185,7	357,3	538,1	703,3	873,6	991,1	1076,4	1193,7	1310	1381,7	1420,8
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 27K

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,30	1,26	1,25
Graus Dia	185,7	357,3	538,1	703,3	873,6	991,1	1076,4	1193,7	1310	1381,7	1420,8
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 27L

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,38	0,68	0,89	1,05	1,13	1,27	1,30	1,33	1,16	1,04
Graus Dia	185,7	360,4	538,1	703,3	873,6	981,1	1066,4	1183,7	1300	1367,2
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm										
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,3 mm/dia										

LAVOURA 27M

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,37	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,28	1,24	1,24
Graus Dia	179,1	366,1	540,3	710,8	878,7	1015	1103,9	1211	1331,8	1441	1459,2
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,2 mm/dia											

LAVOURA 27N

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,38	0,75	1,10	1,29	1,29	1,29	1,30	1,31	1,31	1,30	1,26	1,23
Graus Dia	185,9	361,8	522,05	691,8	832,5	938,9	1031,5	1151,4	1259,5	1295,7	1380,2	1462,1
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia												

LAVOURA 27O

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,28	1,24	1,22
Graus Dia	185,2	369,8	539,4	717,5	884	1,30	1124,0	1216,0	1338,2	1450,3	1486,2
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 27P

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,75	1,17	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,28	1,24	1,22
Graus Dia	185,2	369,8	539,4	717,5	884	1,30	1124,0	1216,0	1338,2	1450,3	1486,2
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 27Q

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kc	0,38	0,75	1,10	1,29	1,29	1,29	1,30	1,31	1,31	1,30	1,26	1,23
Graus Dia	185,9	361,8	522,05	691,8	832,5	938,9	1031,5	1151,4	1259,5	1295,7	1380,2	1462,1
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm												
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia												

LAVOURA 28

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,38	0,73	1,15	1,29	1,29	1,30	1,32	1,33	1,30	1,26	1,25
Graus Dia	185,7	357,3	538,1	703,3	873,6	991,1	1076,4	1193,7	1310	1381,7	1420,8
Comprimento Máximo da Raiz = 59,5 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 29A

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,31	0,60	0,77	0,95	1,08	1,17	1,25	1,28	1,31	1,31	1,33	1,21	1,15
Graus Dia	164,9	310,6	448,2	603,9	733,4	824	898	990,4	1088,2	1133,6	1192	1263,6	1301,7
Comprimento Máximo da Raiz = 56,75 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia													

LAVOURA 29B

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,30	0,60	0,79	0,98	1,12	1,25	1,28	1,30	1,31	1,25	1,09
Graus Dia	157,2	315,1	476,1	627,3	772,2	908,3	994,2	1058,5	1136,1	1237,8	1328,4
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 29C

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kc	0,30	0,60	0,79	0,98	1,12	1,25	1,27	1,28	1,31	1,29	1,20
Graus Dia	154,0	319,2	466,5	619,8	760,1	894	962	1024,3	1114,6	1213,1	1275,8
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm											
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,1 mm/dia											

LAVOURA 29D

Decêndio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kc	0,30	0,60	0,78	0,95	1,05	1,13	1,23	1,27	1,30	1,31	1,32	1,25	1,15
Graus Dia	159,7	311,8	455,4	597,3	702,6	781	882,4	983,4	1062,9	1092,2	1169	1241,1	1305,2
Comprimento Máximo da Raiz = 60 cm													
Velocidade de Crescimento da Raiz = 1,0 mm/dia													

Título
RELATÓRIO DA FASE I DO PROJETO TECNOLOGIAS GEOESPACIAIS NO SEGURO AGRÍCOLA DO MILHO SAFRINHA

Autor
Mariza Alves de Macedo; Bernardo Friedrich Theodor Rudorff

Tradutor

Editor

Origem	Projeto	Série	No. de Páginas	No. de Fotos	No. de Mapas
			138		195

Tipo
 RPQ
 PRE
 NTC
 PRP
 MAN
 PUD
 TAE

Divulgação
 Externa
 Interna
 Reservada
 Lista de Distribuição Anexa

Periódico / Evento

Convênio

Autorização Preliminar
 / / Data
José Carlos M. Epiphânio
 Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto
 Titular da Unidade

Revisão Técnica
 Solicitada
 Dispensada
 Recebida 16/17/02
 Devolvida 12/17/02
Gilberto Câmara
 Coordenador Central de Observação da Terra
 Assinatura do Revisor

Revisão de Linguagem
 Solicitada
 Dispensada
 Recebida / /
 Devolvida / /
Gilberto Câmara
 Coordenador Titular de Nível "A"
 Assinatura do Revisor

Autorização Final
15/17/02 Data
José Carlos M. Epiphânio
 Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto
 Titular da Unidade

Palavras Chave
 Sensoriamento Remoto, Ndvi, Seguro Agrícola, Milho Safrinha.