

6 – RESULTADOS

6.1 – CARTAS DE ALTIMETRIA E DE MODELO DIGITAL DO TERRENO

As cartas de altimetria e de modelo digital do terreno geradas para a área em estudo encontram representadas nas figuras 22 e 23, respectivamente.

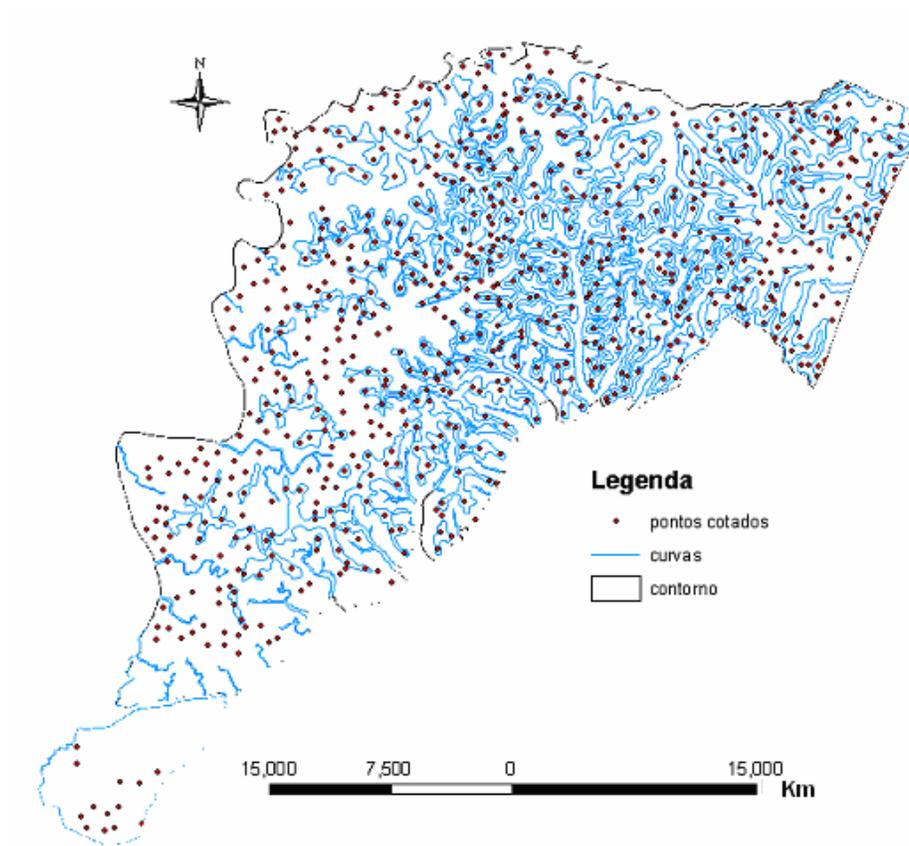


Figura 22 – Carta da altimetria da área de estudo

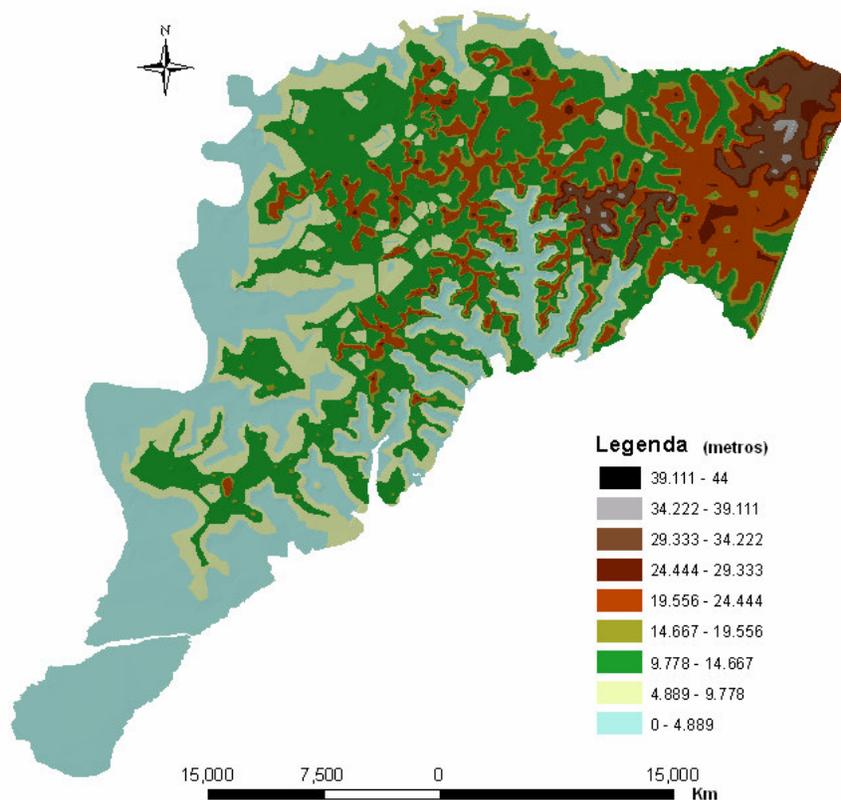


Figura 23 – Modelo Digital do Terreno tipo raster da área de estudo

Na análise da figura 23 nota-se que o relevo nesta região é essencialmente plano, apresentando a altitude máxima de 44 m.

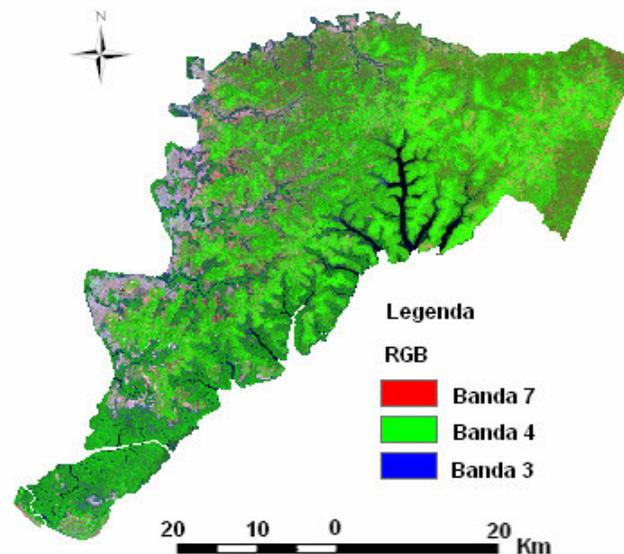
6.2 – PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Na tabela que se segue é apresentado o número de pontos de controlo e RMS médio obtidos para cada imagem durante a fase da correcção geométrica. O mosaico resultante após a correcção geométrica que integra as duas imagens que cobrem a área em estudo encontra-se representado na figura 24 com uma combinação de bandas RGB-743.

Tabela 11 – Nº de Pontos de Controlo e Erro Médio Quadrático das Imagens Estudadas

Imagens	Cena	Nº Pontos de Controlo	RMS Médio
1973	218/052	11	0.59
	219/052	19	0.70
1986	203/052	13	0.36
	204/052	20	0.62
1994	203/052	15	0.66
	204/052	22	0.68
2000	203/052	14	0.71
	204/052	18	0.28
2003	203/052	16	0.70
	204/052	13	0.66

Como se constata na tabela 11, o erro médio quadrático (RMS) obtido na georreferenciação das imagens, para todas as datas multitemporais é inferior a 1 *pixel*, o que corresponde a um bom grau de ajuste geométrico e confirma a qualidade dos pontos de controlo utilizados. Este é um aspecto particularmente importante no que concerne às imagens de 1986 e posteriores, pois os mapas de coberto do solo gerados a partir delas serão utilizados para estudos de transição de coberto, o que requer comparações entre *pixels* correspondentes à mesma localização sobre o terreno.

**Figura 24** – Mosaico das imagens de 2003 com a composição colorida RGB -743

6.3 - CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DAS CLASSES DE COBERTO, VERIFICAÇÃO DA SEPARABILIDADE ESPECTRAL ENTRE CLASSES E ÍNDICE ESPECTRAL DE VEGETAÇÃO CALCULADO

6.3.1 - Caracterização espectral das classes de coberto

As reflectâncias de superfície calculadas para as classes de coberto consideradas nas 6 bandas utilizadas encontram-se na figura 25.

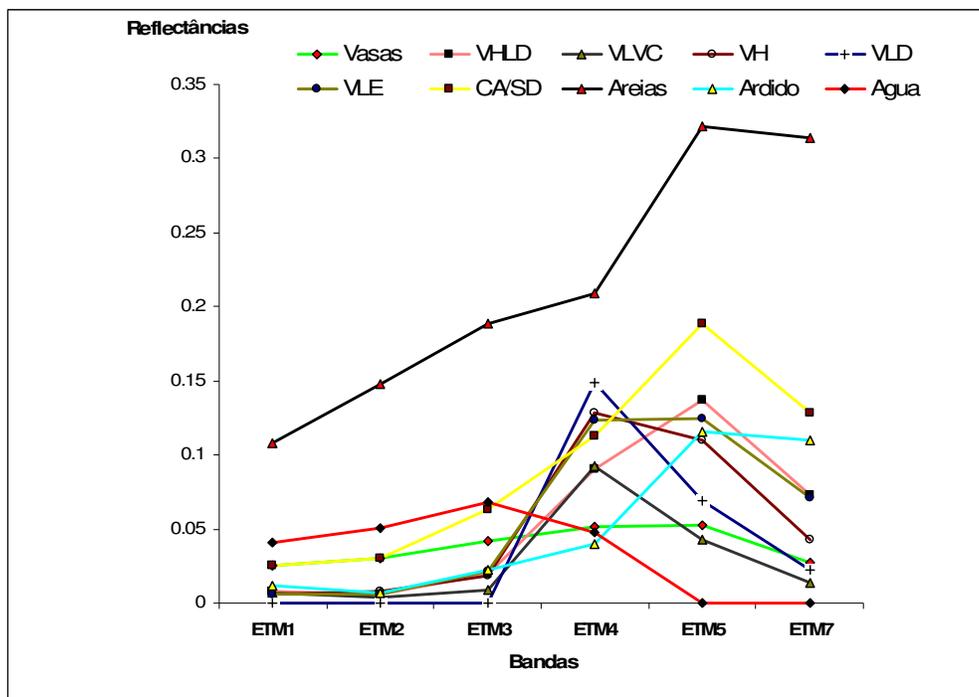


Figura 25 – Reflectâncias de superfície das Classes de Coberto

Analisando a figura 25, podemos dividir as classes de coberto consideradas, segundo o comportamento espectral em três grandes grupos. O primeiro grupo que integra as classes *água* e *areias* apresentam um comportamento espectral completamente diferente de todas as outras classes.

O segundo grupo engloba as classes em que a representatividade do solo a descoberto é maior (*CA/SD*, *ardido*, *vasas* e *VHLD*). Estas classes apresentam um comportamento espectral semelhante, com um pico máximo no infravermelho médio (ETM5). O facto da classe *VHLD* ter um comportamento espectral semelhante ao *CA/SD* e *ardido* pode ser explicado devido a presença de solos a descoberto (e.g. povoações) nesta classe. As *vasas* compostas por solos compactos, com textura fina e alto teor em humidade, têm um comportamento particular. Apesar de a forma da curva espectral ser semelhante a uma curva de solos, esta classe apresenta uma

reflectância baixa nas regiões do infravermelho, devido a elevada absorção da água nestas bandas.

No terceiro grupo encontram-se a maioria das classes de vegetação (VLD, VLE, VH e VLVC). Estas classes de coberto têm um comportamento espectral semelhante, apresentando um pico máximo na banda do infravermelho próximo e é típico do comportamento espectral da vegetação descrito em Chuvieco (2002).

6.3.2 - Separabilidade entre classes verificada

Método Gráfico (Scattergrams)

Após o cálculo automático de parâmetros de estatística multivariada, tais como médias, variâncias e matrizes de correlação, em cada banda e para cada região do treino, calcularam-se o “scattergrams”, e verificou-se a separabilidade espectral de cada classe (fig. 26).

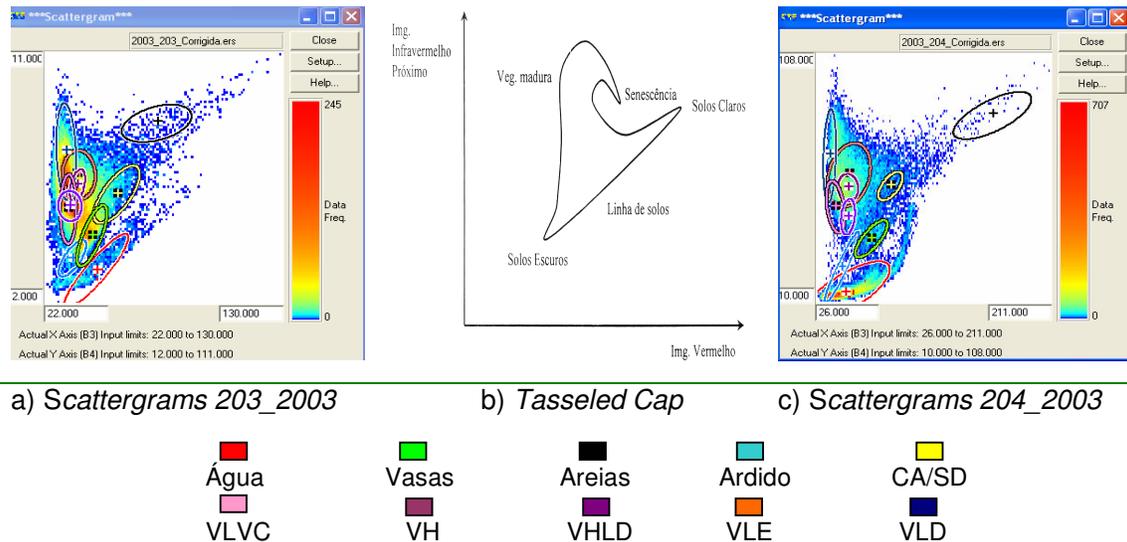


Figura 26 – Scattergram – Elipses das classes de treino

Na figura 26 (a e c) cada elipse é representativa de uma classe e inclui 95% de todos os *pixels* utilizados no treino. Na combinação de bandas 3 (vermelho) no eixo X e 4 (infravermelho próximo) no eixo Y, verifica-se a sobreposição de elipses representativos de várias classes. Na combinação de outras bandas a maioria das classes pré-definidas têm boa separabilidade espectral em pelo menos uma dessas combinações. No entanto, dado que a separabilidade não é inequívoca para todas as classes optou-se por uma quantificação da separabilidade através do método de Jeffries-Matusita.

Método Numérico (Distância de Jeffries-Matusita (JM))

Os valores obtidos da distância de Jeffries-Matusita que é uma medida da separabilidade espectral entre classes, combinadas duas a duas, situam-se na sua maioria acima de 1.60, o que significa uma boa separabilidade espectral entre as respectivas classes. A mais baixa separabilidade foi verificada nas imagens MSS entre as classes VH/VLVC (1.15), devido a confusão existente entre estas modalidades de coberto nas zonas próximas das linhas de água e no nordeste da área em estudo; VHLD/VH (1.12) e VH/VLVC (1.14), o que se pode atribuir à baixa resolução espectral do sensor MSS, que é menos sensível a diferenças do coberto do solo que os sensores TM e ETM+.

Nas tabelas 12a e 12b estão apresentadas as distâncias de Jeffries-Matusita calculadas para as imagens de 2003. As restantes tabelas da separabilidade espectral entre as classes encontram-se no anexo B.

Tabela 12a – Distância de Jeffries-Matusita calculada para as classes de treino da imagem 203/052 de 2003

Classes	Vasas	VHLD.	VLVC	VH.	VLD	VLE	CA/SD	Areias	Ardido
Vasas									
VHLD	1.99								
VLVC	1.99	1.99							
VH	1.99	1.96	1.99						
VLD	1.99	1.99	1.87	1.98					
VLE	1.99	1.66	1.98	1.72	1.75				
CA/SD	1.99	1.98	1.99	1.99	2.00	1.99			
Areias	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	1.99	1.99		
Ardido	1.99	1.99	1.99	2.00	2.00	1.99	1.99	2.00	
Água	1.99	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00

Tabela 12b – Distância de Jeffries-Matusita calculada para as classes de treino da imagem 204/052 de 2003

Classes	Vasas	VHLD.	VLVC	VH.	VLD	VLE	CA/SD	Areias	Ardido
Vasas									
VHLD	2.00								
VLVC	1.99	2.00							
VH	2.00	1.94	1.99						
VLD	1.99	1.99	1.88	1.99					
VLE	2.00	1.89	1.99	1.80	1.91				
CA/SD	1.99	1.99	2.00	1.99	2.00	1.99			
Areias	1.99	1.99	2.00	2.00	2.00	1.99	1.99		
Ardido	1.99	1.97	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	
Água	1.99	2.00	1.99	2.00	1.99	1.99	2.00	2.00	1.99

6.3.3 - Índices de Vegetação

Os NDVI médio das classes do coberto do solo considerados encontram-se na tabela 13.

Tabela 13 – NDVI médio por classe nas Imagens TM e ETM+

Classes/Anos	1986	1994	2000	2003
Vasas	0.006	0.051	-0.253	-0.176
VHLD	0.115	0.121	-0.071	0.058
VLVC	0.264	0.201	-0.005	0.110
VH	0.174	0.209	-0.054	0.063
VLD	0,360	0.404	0.150	0.330
VLE	0.248	0.325	0.043	0.244
CA/SD	0.075	0.053	-0.215	-0.171
Areias	0.026	0.030	-0.292	-0.259
Ardido	-0.023	0.007	-0.160	-0.177
Água	-0.150	-0.074	-0.311	-0.253

Analisando a tabela 13 verifica-se que a imagem ETM+ de 2000 apresenta valores de NDVI baixos em todas as classes em comparação com os obtidos para outras datas, particularmente nas classes de vegetação. Este facto pode ser explicado pelas características radiométricas da imagem em causa. Dado que o sensor Landsat é sensível às características da atmosfera, nomeadamente existência de nuvens ou humidade difusa, que as imagens de 2000 se apresentam afectadas de forma heterogénea por estas condições, e que essas condições resultam num aumento da reflectância medida no sensor principalmente na zona do visível, é de prever que os valores de NDVI sejam afectados. Segundo a fórmula do NDVI, o aumento da reflectância na banda 3 do visível (vermelho) em relação à banda 4 (infravermelho próximo), faz com que a razão $(B4-B3)/(B4+B3)$ diminua, o que se traduz em valores de NDVI mais baixos nesta imagem.

6.4 - CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

6.4.1 – Classificação Não Supervisada

O mapa gerado após a classificação não supervisionada sobre as 6 bandas (ETM1, ETM2, ETM3, ETM4, ETM5 e ETM7) com a utilização do algoritmo ISODATA encontra-se na figura 27.

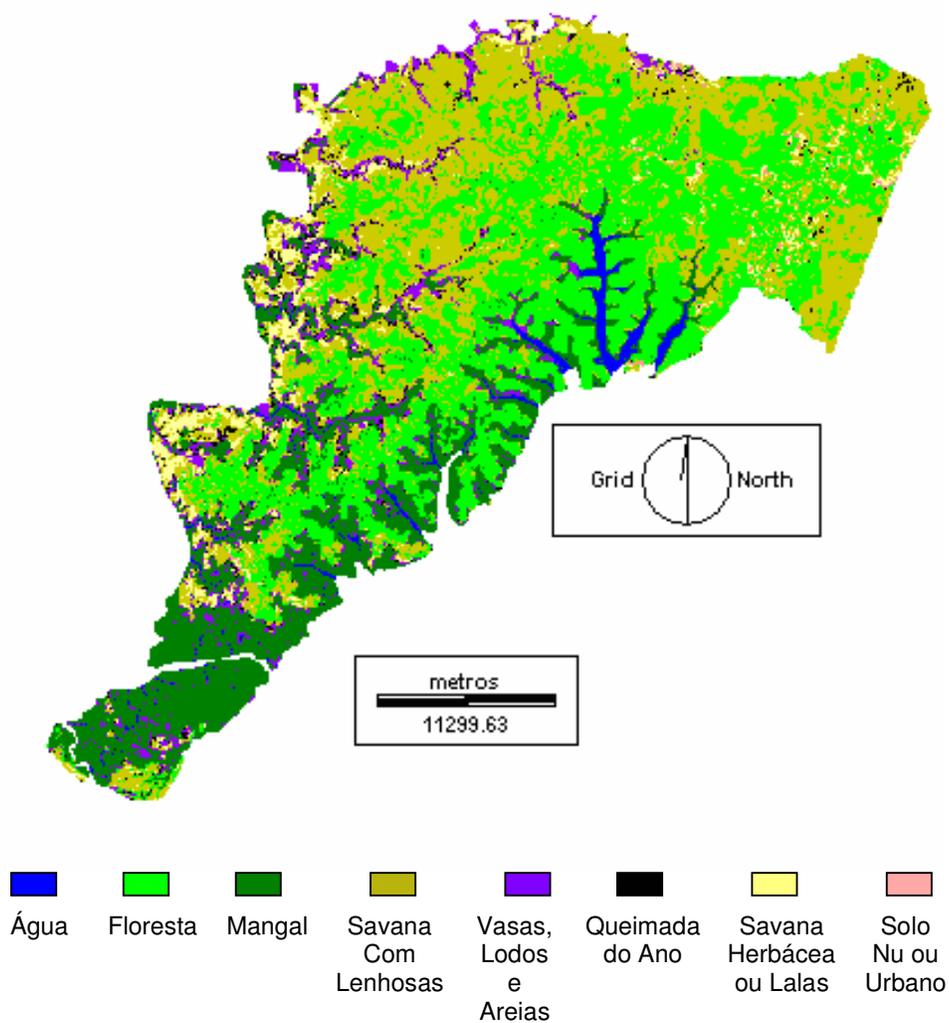


Figura 27 – Mapa do coberto de solo gerado após a agregação de classes obtidas na classificação não supervisionada (imagem 2003)

Com base neste mapa gerado e no conhecimento prévio do terreno, foi possível definir as classes a considerar para o trabalho de campo.

6.4.2 - Classificação Supervisada

6.4.2.1 – Árvores de Classificação

Na figura 28 encontra-se apresentada a árvore de classificação construída com base nos dados de treino da imagem 203/052 de 2003, árvore esta que é depois aplicada à totalidade da imagem para gerar o mapa do coberto de solo. As regras desta árvore de decisão estão apresentadas no anexo C.

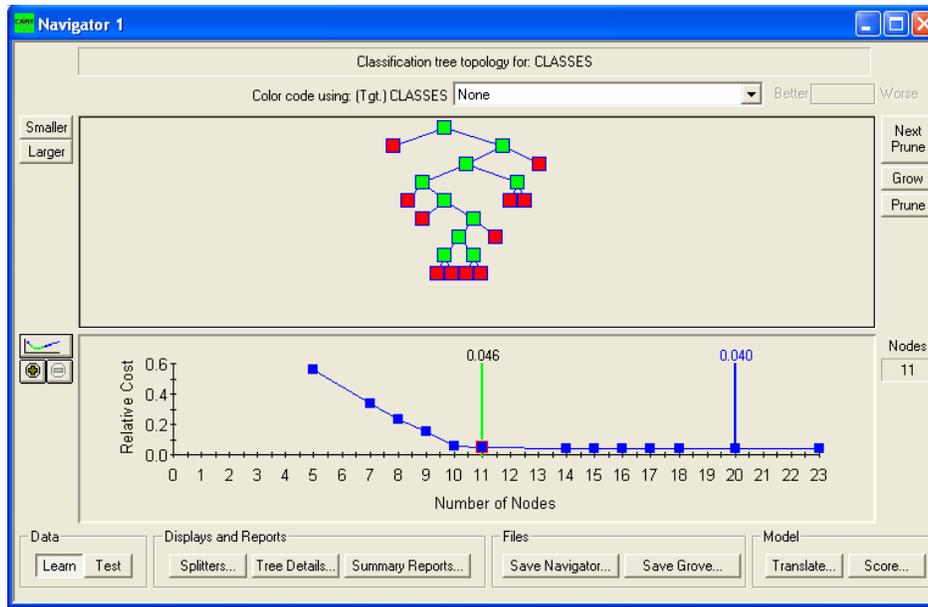


Figura 28 – Árvore de classificação construída com base nos dados de treino da imagem 203/052 de 2003.

A linha verde do gráfico de baixo corresponde à árvore óptima, isto é, a seleccionada como classificador para a imagem e a linha azul corresponde à árvore com maior sucesso de previsão mas de maior custo. Na figura 29 são apresentados os detalhes da árvore de classificação construída com base nos dados de treino da imagem 203/052 de 2003. De salientar que cada imagem em estudo tem a sua árvore de classificação associada e que estas árvores diferem entre si. Analisando esta figura, constata-se que as bandas do infravermelho médio (B5 e B7) e infravermelho próximo (B4) constituíram as primeiras regras de separação de nós da árvore de decisão.

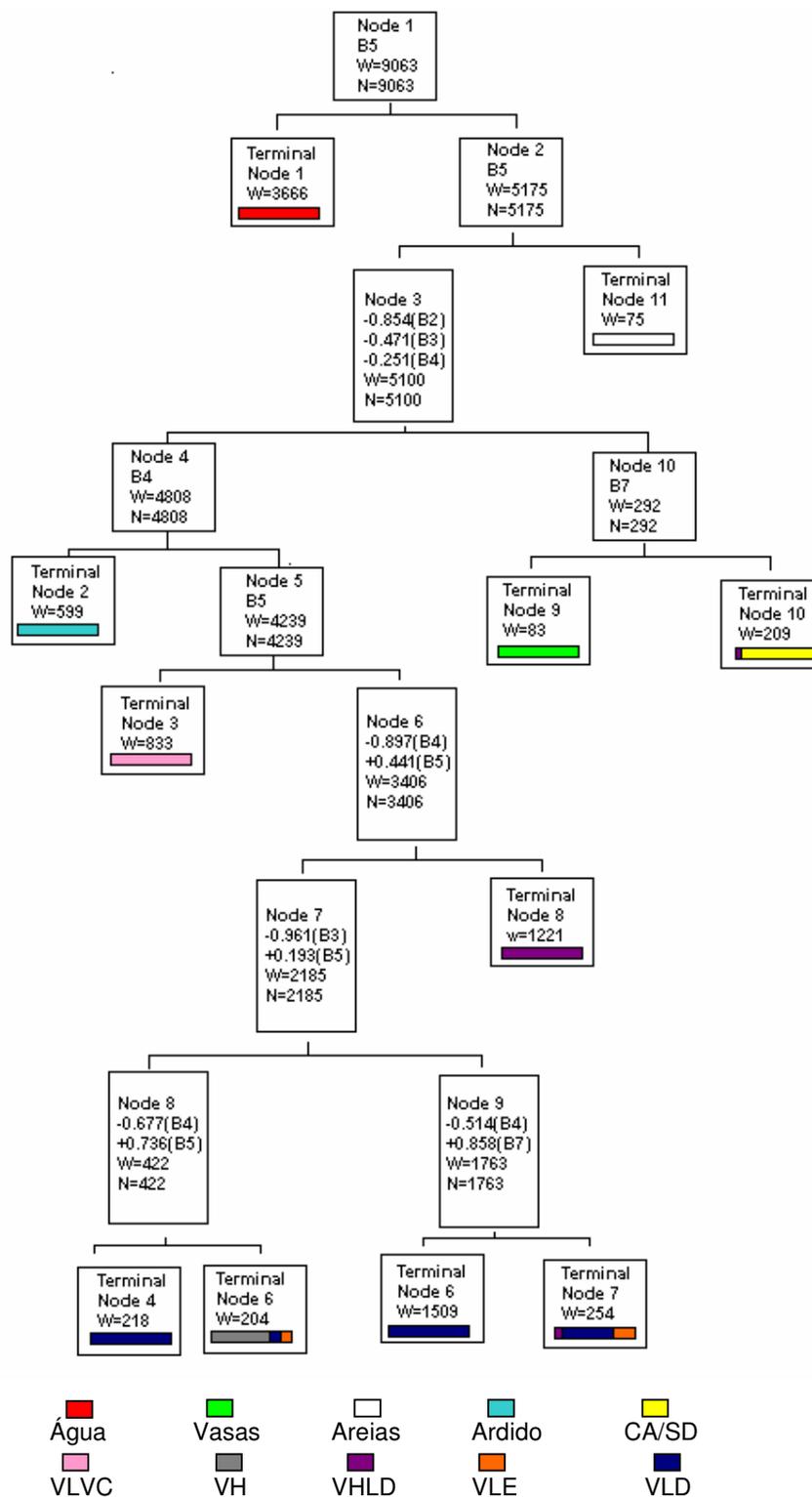


Figura 29 – Detalhes da árvore de classificação construída com base nos dados de treino da imagem 203/052 de 2003. As cores dos nós terminais correspondem à proporção de *pixels* de treino de cada uma das classes que são incluídas em cada nó terminal e ilustram a respectiva pureza

Por outro lado verifica-se que as classes *água* e *areias* foram separadas do conjunto com a aplicação da primeira e segunda regra de separação de nós, respectivamente, por apresentarem um comportamento espectral completamente diferente de todas as outras classes (fig.25). Nos nós terminais com maior impureza encontram-se as classes de coberto que contempla as classes de vegetação. Este facto pode ser explicado devido a similitude no comportamento espectral entre estas classes.

Na figura 30 está apresentada a percentagem de importância relativa das variáveis que contribuíram para a construção do classificador em árvore.

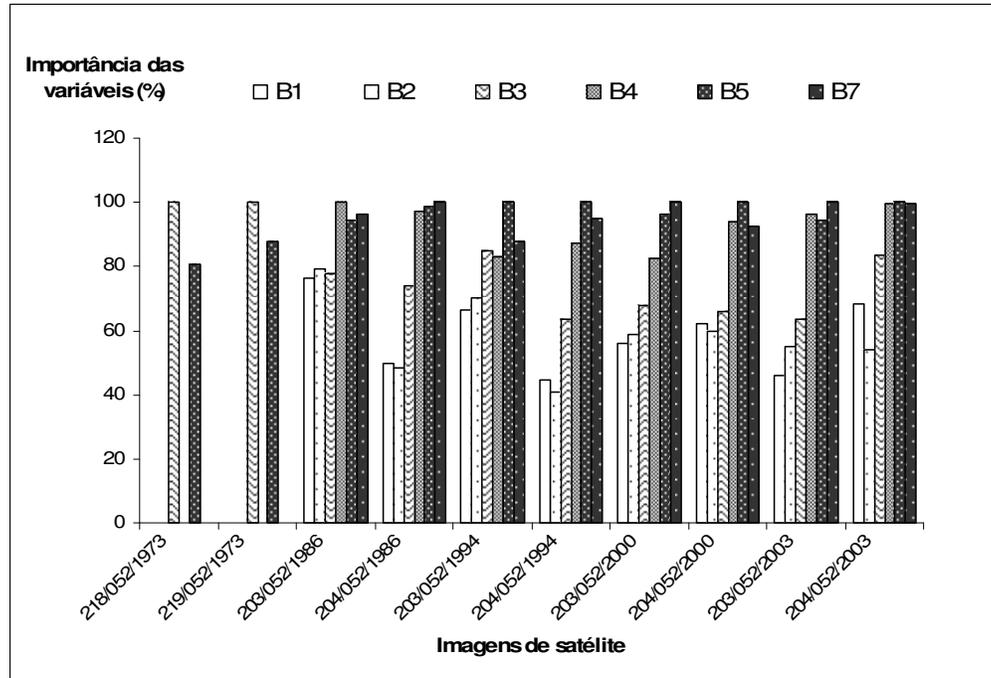


Figura 30 – Contribuição das variáveis para os classificadores em árvore, sendo o eixo x as bandas das imagens de satélite e y as percentagens relativas da importância das variáveis.

Tal como seria de esperar, as variáveis que mais contribuíram para a construção do classificador em árvore das imagens TM e ETM+ foram as bandas do infravermelho médio (B5 e B7) e do infravermelho próximo (B4). Para as imagens MSS foram as bandas do vermelho e do infravermelho próximo.

Nas tabelas 14 e 15 estão apresentados os níveis de concordância obtidos pela classificação dos dados de treino (utilizados para construir o classificador). Como se pode verificar, a classificação dos *pixels* de treino corresponde a valores de concordância elevados, principalmente no caso das imagens TM e ETM+, sendo a classe VLE a que apresenta valores globalmente mais baixos.

Tabela 14 – Percentagem de concordância (dados de treino) – imagem MSS

Classes	1973	
	218/052	219/052
Vasas	96.10	99.12
VHLD	84.54	83.68
VLVC	89.49	72.81
VH	93.13	93.33
VLT	98.78	93.51
CA/SD	98.35	98.65
Água	88.34	97.37

Tabela 15 – Percentagem de concordância (dados de treino) – imagens TM e ETM+

Classes	1986		1994		2000		2003	
	203/052	204/052	203/052	204/052	203/052	204/052	203/052	204/052
Vasas	100.00	99.71	93.65	100.00	98.63	100.00	100.00	99.82
VHLD	96.54	98.78	77.87	90.41	94.43	95.76	96.58	99.19
VLVC	99.46	99.09	99.29	99.67	97.12	98.49	99.40	100.00
VH	94.62	90.66	100.00	100.00	97.98	90.74	92.04	98.72
VLD	92.92	95.03	96.08	98.54	95.43	88.59	93.38	97.42
VLE	81.15	79.20	86.42	80.59	96.07	92.40	92.00	94.76
CA/SD	100.00	100.00	99.06	100.00	99.13	100.00	100.00	100.00
Areias	100.00	100.00	92.74	100.00	100.00	98.39	100.00	100.00
Ardido	100.00	98.11	95.57	96.93	98.38	99.51	98.77	100.00
Água	99.50	100.00	100.00	99.71	99.94	99.63	100.00	97.17

6.4.2.2 - Avaliação da Fiabilidade dos Mapas de Coberto

Nas tabelas 16 e 17 estão apresentados os resultados obtidos através da classificação do conjunto de validação da imagem de 2003, correspondentes aos 25% dos dados de todas as classes que não foram utilizados para construir a árvore de classificação. Na diagonal principal da matriz encontra-se o número de *pixels* correctamente classificados, isto é, *pixels* que apresentam concordância entre o tipo de coberto atribuído pelo classificador (em colunas) e o que foi atribuído na fase de treino (em linhas). As restantes células da matriz reportam os erros cometidos durante a classificação. A última coluna contém o número de *pixels* amostrados no terreno em cada classe. As restantes tabelas de contingência e os erros de comissão e omissão calculados encontram-se no anexo D.

Tabela 16 – Tabela de contingência, Erros de Comissão (EC) e de Omissão (EO) em percentagem para os dados de validação da classificação da imagem 203/052 de 2003

Classes	Vasas	VHLD	VLVC	VH	VLD	VLE	CA/SD	Areias	Ardido	Água	Total terreno	EO
Vasas	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0.00
VHLD	0	425	0	1	0	10	2	0	0	0	438	2.97
VLVC	0	0	294	1	0	0	0	0	1	0	296	0.68
VH	0	0	0	61	0	3	0	0	0	0	64	4.69
VLD	0	0	0	5	578	42	0	0	0	0	625	7.52
VLE	0	2	0	4	0	21	0	0	0	0	27	22.23
CA/SD	0	0	0	0	0	0	69	1	0	0	70	1.49
Areias	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	27	0.00
Ardido	0	3	0	0	0	0	1	0	201	0	205	1.96
Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1312	1312	0.00
Total imagem	28	430	294	72	578	76	72	28	202	1312	3092	
EC	0.00	1.16	0.00	15.27	0.00	72.36	4.16	3.57	0.49	0.00		

Tabela 17 – Tabela de contingência, Erros de Comissão (EC) e de Omissão (EO) em percentagem para os dados de validação da classificação da imagem 204/052 de 2003

Classes	Vasas	VHLD	VLVC	VH	VLD	VLE	CA/SD	Areias	Ardido	Água	Total terreno	EO
Vasas	185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	185	0.00
VHLD	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	145	0.00
VLVC	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	40	0.00
VH	0	0	0	73	0	4	0	0	0	0	77	5.20
VLD	0	0	3	0	610	8	0	0	0	0	621	1.78
VLE	0	0	0	3	0	50	0	0	0	0	53	5.66
CA/SD	0	0	0	0	0	0	81	0	0	0	81	0.00
Areias	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	26	0.00
Ardido	0	0	0	0	0	0	1	0	42	0	43	2.36
Água	40	0	0	0	0	0	0	0	0	1937	1977	2.03
Total imagem	225	145	43	76	610	62	82	26	42	1937	3248	
EC	17.77	0.00	6.97	3.94	0	19.35	1.12	0.00	0.00	0.00		

Na análise das tabelas 16 e 17 referentes a da fiabilidade de classificação com a amostra de validação, utilizando o método da matriz da confusão, verifica-se que a maior parte das classes têm mais de 80% dos *pixels* bem classificados, existindo mesmo classes com 100%.

As percentagens de classificação correcta global por classe (percentagem de concordância) obtidas através da validação com dados independentes dos usados para construir o classificador estão apresentadas nas tabelas que se seguem.

Tabela 18 – Percentagem de concordância (dados de independentes) – imagem MSS

Classes	1973	
	218/052	219/052
Vasas	95.35	99.25
VHLD	83.77	83.82
VLVC	88.36	73.25
VH	86.79	91.52
VLT	96.34	93.66
CA/SD	99.15	98.01
Água	87.22	97.51

Tabela 19 – Percentagem de concordância (dados independentes) – imagens TM e ETM+

Classes	1986		1994		2000		2003	
	203/052	204/052	203/052	204/052	203/052	204/052	203/052	204/052
Vasas	100.00	99.21	93.33	100.00	95.83	100.00	100.00	100.00
VHLD	97.57	99.07	79.67	93.26	91.81	94.01	97.03	100.00
VLVC	99.53	98.34	100.00	100.00	98.35	98.91	99.32	100.00
VH	85.29	94.64	93.47	96.15	96.29	92.78	95.31	94.80
VLD	93.00	95.57	96.01	99.29	94.94	86.88	92.48	98.22
VLE	81.70	84.61	74.51	73.68	95.91	84.21	77.77	94.34
CA/SD	100.00	100.00	97.56	99.62	98.73	99.17	98.51	100.00
Areias	100.00	100.00	91.35	100.00	100.00	96.1	100.00	100.00
Ardido	100.00	88.57	98.11	99.32	97.69	99.7	98.04	97.64
Água	99.51	100.00	100.00	99.61	99.92	99.57	100.00	97.97

Os níveis de concordância obtidos através da validação com dados independentes dos usados para construir o classificador (tabelas 18 e 19) estão na sua maioria acima dos 90 % e em coerência com os valores de percentagens de concordância dos dados utilizados para construir o classificador. Os valores mais baixos são verificados na classe VLVC da imagem 219/052 de 1973 (73.25%) (tabela 18), devido a confusão existente entre esta e VHLD nas zonas próximas das linhas de água, em especial na zona nordeste da área em estudo, bem como na classe VLE das imagens de 1994 (74.51% e 73.68%) respectivamente (tabela 19).

Na tabela seguinte estão apresentados os resultados dos dois testes de avaliação da fiabilidade da classificação mais exigente, o teste *kappa* (k) e a precisão de classificação (CA) calculada como o valor de concordância médio.

Tabela 20 – Valores de coeficiente *kappa* (k) e precisão de classificação (CA)

Imagens	Anos	Estatístico k	Precisão de Classificação (CA)
MSS 218/052	1973	0.73/0.80 (*)	0.86/0.86 (**)
MSS 219/052	1973	0.89/0.91 (*)	0.91/0.91 (**)
TM 203/052	1986	0.96	0.97
TM 204/052	1986	0.98	0.99
TM 203/052	1994	0.95	0.96
TM 204/052	1994	0.96	0.99
ETM+ 203/052	2000	0.97	0.98
ETM+ 204/052	2000	0.95	0.99
ETM+ 203/052	2003	0.97	0.98
ETM+ 204/052	2003	0.97	0.98

(*) – Estatístico k antes e depois da melhoria de classificação com operadores SIG

(**) – Precisão de Classificação (CA) antes e depois da melhoria de classificação

Analisando a tabela 20 pode verificar-se que os resultados obtidos foram muito satisfatórios. Os valores mais baixos de k e CA referem-se à imagem MSS 218/052 (0.73 e 0.86), respectivamente. Após a melhoria da classificação houve um aumento no valor do estatístico k (0.80). Para as imagens TM e ETM+ os valores de k e CA são iguais ou superiores a 0.95 e 0.96, respectivamente.

Na validação da classificação não supervisionada da imagem 2003, a imagem 203/052 apresenta o valor de k de 0.82 e CA de 0.82, enquanto que a imagem 204/052 apresenta os valores de 0.46 e 0.59, respectivamente.

6.5 - CARTAS DO COBERTO DO SOLO PARA 1953, 1973, 1986, 1994, 2000 E 2003

Nas páginas 79 e 81 encontram-se as cartas do coberto do solo para os anos de 1953, 1973, 1986, 1994, 2000 e 2003.

Figura 31 – Mapas de Mata de Cantanhez obtidas através de Mapa de referência de Cantanhez (1953) e das imagens de satélite MSS (1973), TM (1986 e 1994) e ETM+ (2000 e 2003)

Figura 32 – Mapas de Mata de Cantanhez obtidas através das imagens de satélite TM (1986 e 1994) e ETM+ (2000 e 2003)

6.6 – ESTIMATIVA DAS ÁREAS OCUPADAS POR CADA CLASSE DE COBERTO EM CADA ANO

Na figura 33 apresenta-se a evolução de coberto do solo observadas na Mata de Cantanhez entre o mapa de 1953 gerado com base na carta 1:50000 produzida pela JIU e os mapas resultantes do processamento das imagens de satélite (1973, 1986, 1994, 2000 e 2003). Nas figuras 34, 35 e 36 são quantificadas as áreas estimadas para cada classe de coberto observadas nas três zonas funcionais propostas por Anginot (1988) (ver secção 3.6, fig.15), com base nos mapas gerados por processamento das imagens de satélite Landsat TM e ETM+. Os dados utilizados para gerar estes gráficos encontram-se no anexo E.

Na transposição da legenda das cartas 1:50000 de 1953 para a legenda final utilizada, a classe “savanas arbustivas e florestas derrubadas para culturas” foi alocada para a classe VHLD (ver tabela 7). No entanto, aquela classe é algo heterogénea e inclui áreas com diferentes densidades de lenhosas, albergando tanto a savana arborizada como a floresta aberta. Assim, a área da classe VHLD pode estar algo sobrestimada e a classe VLT (floresta) subestimada na referida data.

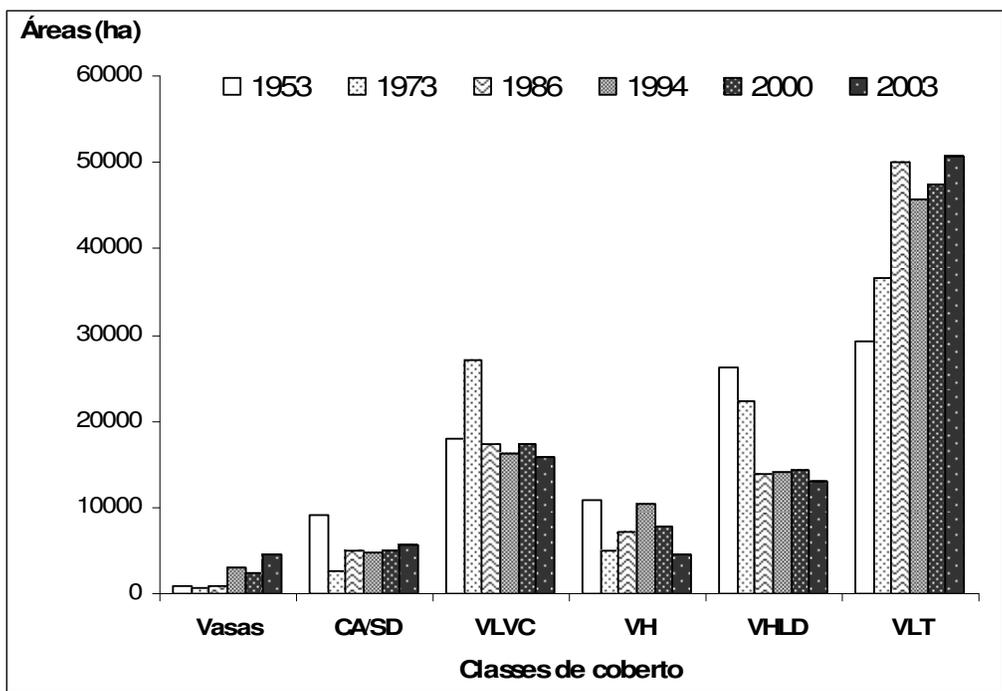


Figura 33 – Alterações de coberto do solo na Mata de Cantanhez, sendo o eixo x as classes de coberto consideradas e y a área em hectares.

Na análise desta figura, pode notar-se que a área ocupada por V (vasas) teve um incremento entre 1953 e 2003 e a área de CA/SD (bolanha) teve um decréscimo durante este tempo. De 1973 a 1986 houve um incremento nesta última classe. A

área de VLVC (mangal) teve uma ligeira diminuição ao longo do período estudado. De 1986 para 1994 houve um aumento da área da VH (savana herbácea). A área de VHLD (savana arborizada) teve uma diminuição considerável de 1953 para 2003. A área de VLT (floresta) teve um crescimento durante o período em estudo.

Na figura que se segue estão quantificadas as áreas estimadas para cada classe de coberto observadas na região A (ver secção 3.6, fig. 15).

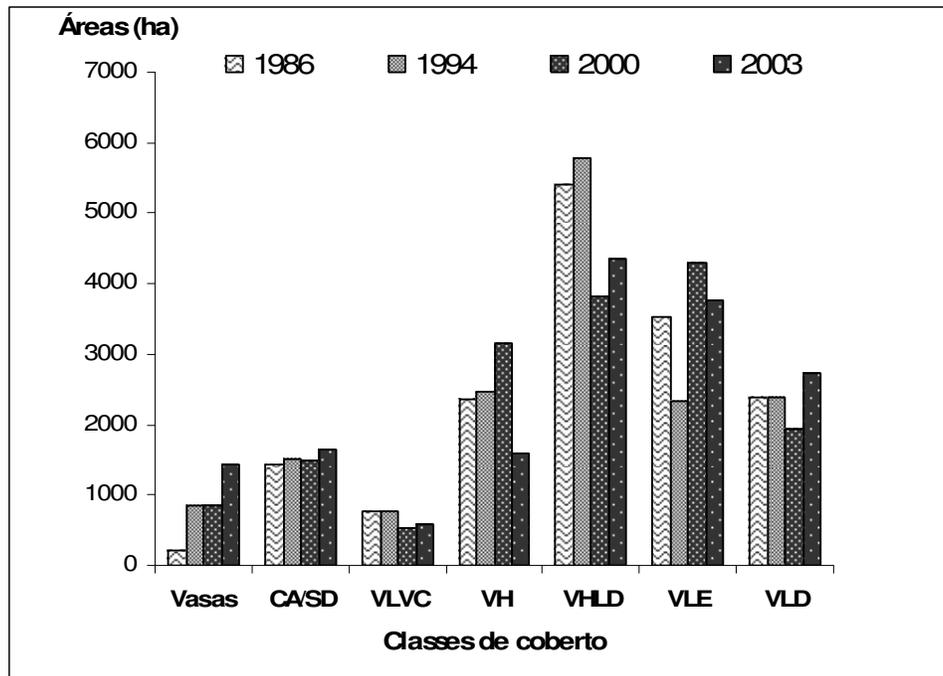


Figura 34 – Alterações de coberto do solo na Região A, sendo o eixo x as classes de coberto consideradas e y a área em hectares.

Analisando a figura 34 verifica-se que os tipos de coberto que maior área ocupam nesta região são, por ordem decrescente, VHLD (savana arborizada), VLE (floresta aberta), VLD (floresta densa), VH (savana herbácea) e CA/SD (bolanha). A área ocupada por V (vasas) teve um incremento considerável ao longo do período estudado e a área da VHLD (savana arborizada), teve um decréscimo no período compreendido entre 1994 e 2000. Ainda neste período aumentou a área de VH (savana herbácea) que virá a decrescer consideravelmente em 2003. A área de VLE (floresta aberta) diminuiu consideravelmente de 1986 para 1994 e teve um incremento em 2000.

Na figura 35 estão quantificadas as áreas estimadas para cada classe de coberto observadas na região B (ver secção 3.6, fig. 15).

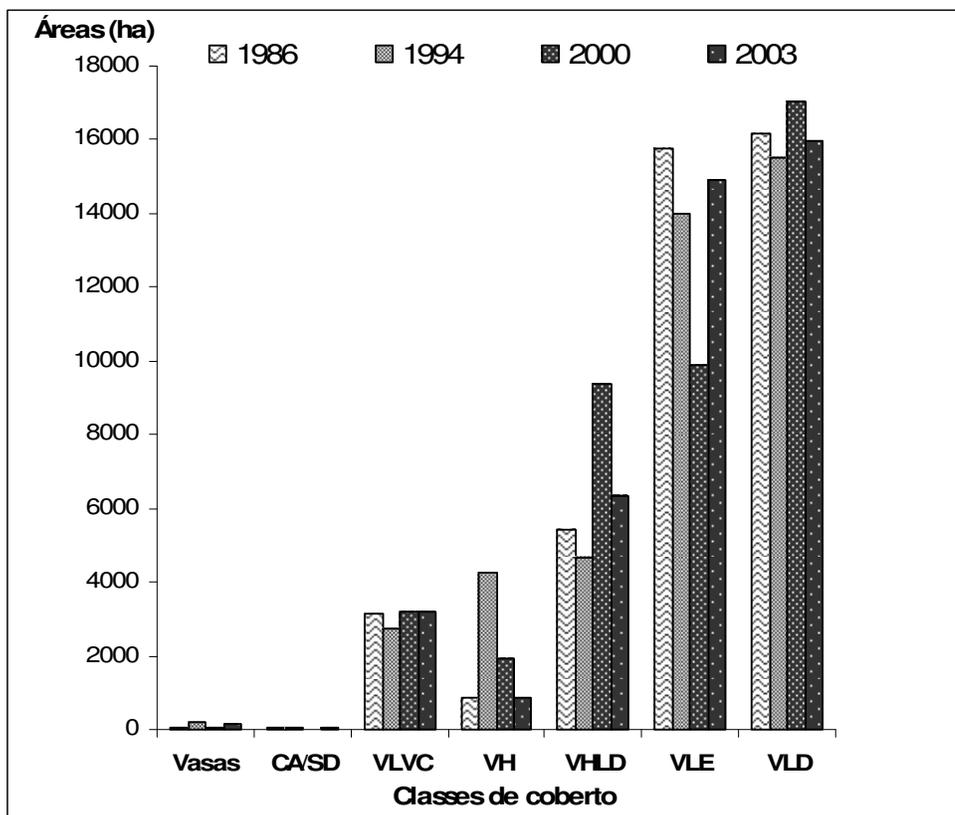


Figura 35 – Alterações de coberto do solo na Região B, sendo o eixo x as classes de coberto consideradas e y a área em hectares.

Na análise desta figura verifica-se que nesta região os tipos de coberto mais representativos são VLD (floresta densa), VLE (floresta aberta), VHLD (savana arborizada) e VLVC (mangal) e que a maior parte das manchas de floresta densa localiza-se nesta zona. Também pode verificar-se que ao longo do período estudado, não ocorreram alterações relevantes na VLD (floresta densa). A área ocupada por VLE (floresta aberta) teve uma diminuição entre 1994 e 2000 e teve um incremento considerável em 2003. As áreas de VLVC (mangal) mantiveram constantes ao longo do período estudado e as áreas de V (vasas) e de CA/SD (bolanha) não têm expressão nesta zona.

Na figura 36 estão quantificadas as áreas estimadas para cada classe de coberto observadas na região C (ver secção 3.6, fig. 15).

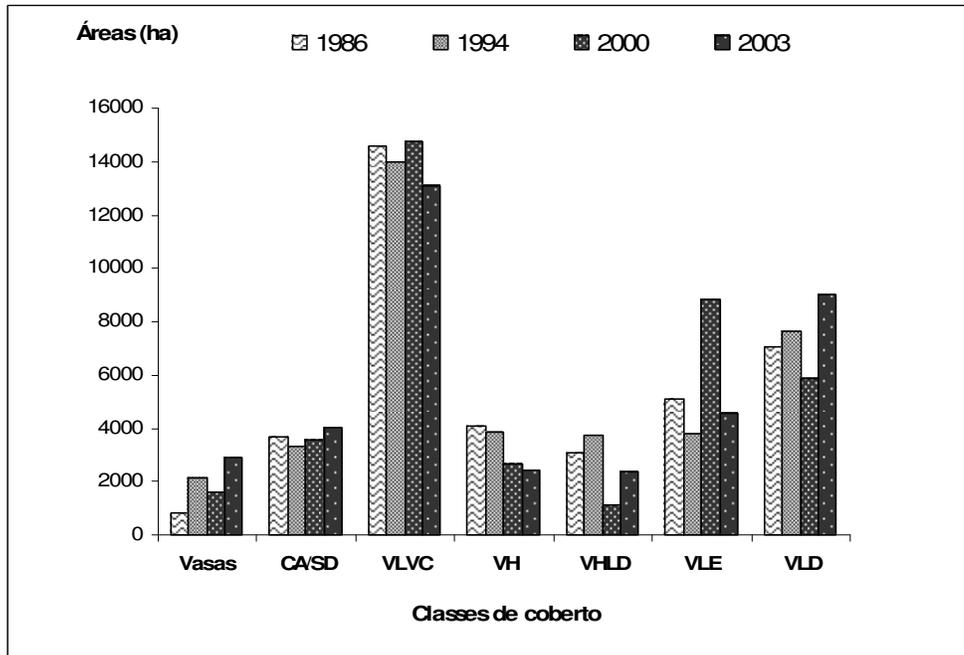


Figura 36 – Alterações de coberto do solo na Região C, sendo o eixo x as classes de coberto consideradas e y a área em hectares.

A figura 36 mostra-nos que os tipos de coberto mais representativos nesta região são VLVC (mangal), VLD (floresta densa) e VLE (floresta aberta). Na análise desta figura pode verificar-se a diminuição da área de VLVC (mangal), o aumento da área de VLD (floresta) e a diminuição da área da VH (savana herbácea) ao longo das datas estudadas.

6.7 – TRANSIÇÕES E TENDÊNCIAS VERIFICADAS

Nas tabelas seguintes estão apresentadas as matrizes de transição em hectares (*Cross Tabulation*) entre as classes de coberto entre (1986/1994; 1994/2000 e 2000/2003) e entre (1953/2003).

Tabela 21 – Matriz de transições em hectares (*Cross Tabulation*) entre classes de coberto 1986/1994

		1986							Total
		Vasas	VHLD	VLVC	VH	VLD	VLE	CA/SD	
1994	Vasas	467.1	562.41	777.96	477.72	42.03	135.72	753.48	3216.42
	VHLD	109.71	6592.68	316.35	2570.85	457.65	3720.69	490.05	14257.98
	VLVC	254.61	851.4	15586.11	272.43	340.74	137.97	62.64	17505.9
	VH	59.31	3052.62	619.02	2123.46	1213.56	3481.2	121.5	10670.67
	VLD	5.31	257.13	880.47	295.74	18998.28	5232.87	18.99	25688.79
	VLE	10.8	2487.6	142.83	1095.48	4686.12	11672.37	98.91	20194.11
	CA/SD	220.14	212.67	173.97	489.51	8.37	166.05	3666.6	4937.31
	Total	1126.98	14016.51	18496.71	7325.19	25746.75	24546.87	5212.17	96471.18

A tabela 21 mostra os valores das áreas, em hectares, que transitaram de uma classe em 1986 para outra em 1994. A diagonal principal (a negrito) corresponde às áreas da classe que se mantiveram em 1994 e a cinzento a área total na zona em estudo.

Tabela 22 – Matriz de transições em hectares (*Cross Tabulation*) entre classes de coberto 1994/2000

		1994							Total
		Vasas	VHLD	VLVC	VH	VLD	VLE	CA/SD	
2000	Vasas	1160.82	262.8	470.34	211.86	15.66	26.19	398.52	2546.19
	VHLD	51.03	6639.66	78.66	2524.05	756.45	4367.79	22.23	14439.87
	VLVC	612.18	457.47	15588.63	721.62	852.39	156.87	72.45	18461.61
	VH	87.03	2861.73	129.33	2615.76	483.75	1521	118.26	7816.86
	VLD	116.46	459.9	761.85	1117.17	17651.79	4842.81	34.38	24984.36
	VLE	428.85	3118.05	353.25	3354.03	5922.72	9249.66	711.27	23137.83
	CA/SD	760.05	458.37	123.84	126.18	6.03	29.79	3580.2	5084.46
	Total	3216.42	14257.98	17505.9	10670.67	25688.79	20194.11	4937.31	96471.18

Nesta tabela, apresentam-se as áreas em hectares, que transitaram de uma classe em 1994 para outra em 2000. A diagonal principal (a negrito) corresponde as áreas da classe que se mantiveram em 2000 e a cinzento a área total na zona em estudo.

Tabela 23 – Matriz de transições em hectares (Cross Tabulation) entre classes de coberto 2000/2003

		2000							
		Vasas	VHLD	VLVC	VH	VLD	VLE	CA/SD	Total
2003	Vasas	1629.99	54.36	1094.49	210.42	126.54	797.49	803.34	4716.63
	VHLD	102.06	7877.52	315.54	1942.92	717.57	2056.68	126	13138.29
	VLVC	378.99	131.31	14910.57	193.95	857.79	361.53	44.28	16878.42
	VH	28.17	583.56	124.11	2276.01	220.77	1564.38	75.51	4872.51
	VLD	22.23	551.88	1795.68	582.66	16969.95	7827.03	6.75	27756.18
	VLE	18.27	5180.13	157.5	2390.31	6045.66	9525.96	35.28	23353.11
	CA/SD	366.48	61.11	63.72	220.59	46.08	1004.76	3993.3	5756.04
	Total	2546.19	14439.87	18461.61	7816.86	24984.36	23137.83	5084.46	96471.18

Na tabela 23 estão apresentadas as áreas, em hectares, que transitaram de uma classe em 2000 para outra classe em 2003. A diagonal principal (a negrito) corresponde as áreas da classe que se mantiveram em 2003 e a cinzento a área total na zona em estudo.

Tabela 24 – Matriz de transições em hectares (Cross Tabulation) entre classes de coberto 1953/2003

		1953						
		Vasas	VHLD	VLVC	VH	VLT	CA/SD	Total
2003	Vasas	171.72	51.3	1680.75	765.63	88.65	1771.47	4529.52
	VHLD	58.23	7286.31	510.48	2518.83	1461.42	1191.33	13026.6
	VLVC	471.06	214.02	12046.68	936.18	689.85	1360.62	15718.41
	VH	42.84	1004.22	298.44	1916.64	625.5	733.86	4621.5
	VLT	174.06	17395.2	2668.05	3445.65	26251.47	805.95	50740.38
	CA/SD	56.16	180.18	667.53	1314.27	54.18	3322.17	5594.49
	Total	974.07	26131.23	17871.93	10897.2	29171.07	9185.4	94230.9

No estudo de transição entre 1953 e 2003 (tabela 24) a área total analisada é menor do que a verificada nas outras transições em cerca de 2%. Este facto é explicado pela aplicação da máscara binária única criada para todas as datas em análise neste estudo (1953, 1973, 1986, 1994, 2000 e 2003), mascara esta que retira da análise um maior número de *pixels* classificados como *água* por incluir mais duas datas, com posições de maré diferentes. Com recurso aos operadores SIG, verificou-se que na bordadura de linhas de água do mapa obtido da imagem MSS de 1973, muitos dos *pixels* classificados como mangal noutras datas, foram aqui classificados como *água*, e por isso eliminados da análise.

Nas tabelas 25, 26, 27 e 28 identificam-se e quantificam-se as tendências de transições entre classes de coberto. Entende-se por transições não plausíveis aquelas cuja probabilidade de ocorrência é quase nula. Na área em estudo as transições possíveis de uma classe de coberto para outra são condicionadas principalmente pelas condições edáficas. Por exemplo uma área ocupada por mangal não pode transitar para floresta e vice-versa.

Tabela 25 – Identificação e quantificação das tendências de transições (1986/1994; 1994/2000 e 2000/2003) – Proporção de transição de uma classe (a negrito) para as outras classes (em colunas) entre datas. As colunas a cinzento representam a proporção da área da classe em análise que se manteve inalterada. As transições não plausíveis correspondem a transições de classe de coberto consideradas como erro por serem impossíveis (e.g. transição de mangal para floresta densa).

VLVC					
Anos/Classes	Vasas	CA/SD	VLVC		Transições não plausíveis
1986-1994	0.04	0	0.84		0.12
1994-2000	0.02	0	0.89		0.09
2000-2003	0.05	0	0.80		0.15
VH					
Anos/Classes	CA/SD	VH	VHLD		Transições não plausíveis
1986-1994	0.06	0.28	0.35		0.31
1994-2000	0.01	0.24	0.23		0.52
2000-2003	0.02	0.29	0.24		0.45
VHLD					
Anos/Classes	VH	VHLD	VLE		Transições não plausíveis
1986-1994	0.21	0.47	0.17		0.15
1994-2000	0.2	0.46	0.21		0.13
2000-2003	0.04	0.54	0.35		0.07
Vasas					
Anos/Classes	Vasas	CA/SD	VHLD	VH	Transições não plausíveis
1986-1994	0.41	0.19	0.22	0.05	0.13
1994-2000	0.36	0.23	0.19	0.02	0.2
2000-2003	0.64	0.14	0.14	0.01	0.07
CA/SD					
Anos/Classes	Vasas	CA/SD	VLVC	VH	Transições não plausíveis
1986-1994	0.14	0.70	0.01	0.02	0.13
1994-2000	0.08	0.72	0.01	0.02	0.17
2000-2003	0.15	0.78	0.00	0.01	0.06
VLE					
Anos/Classes	VH.	VHLD	VLE	VLD	Transições não plausíveis
1986-1994	0.14	0.15	0.47	0.21	0.03
1994-2000	0.07	0.21	0.45	0.23	0.04
2000-2003	0.06	0.08	0.41	0.33	0.12
VLD					
Anos/Classes	VH	VHLD	VLE	VLD	Transições não plausíveis
1986-1994	0.04	0.01	0.18	0.73	0.04
1994-2000	0.01	0.02	0.23	0.68	0.06
2000-2003	0	0.02	0.24	0.68	0.06

Na análise da tabela 25, verifica-se que mais de 60% da VLD (floresta densa), mais de 70% de CA/SD (bolanha) e mais de 80% de VLVC (mangal) se mantiveram ao longo destes anos estudados. A classe VH (savana herbácea) foi aquela em que se verificou maior proporção de transições não plausíveis para outras classes (52%).

Tabela 26 – Identificação e quantificação das tendências de transições (1953/2003) – Proporção de transição de uma classe (a negrito) para as outras classes (em colunas) entre datas. As colunas a cinzento representam a proporção da área da classe em análise que se manteve inalterada. As transições não plausíveis correspondem a transições de classe de coberto consideradas como erro por serem impossíveis (e.g. transição de mangal para floresta densa).

VLVC					
Anos/Classes	VLVC	CA/SD	Vasas		Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.67	0.03	0.09		0.21
CA/SD					
Anos/Classes	CA/SD	VLVC	Vasas	VH	Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.36	0.14	0.19	0.07	0.24
Vasas					
Anos/Classes	Vasas	VLVC	CA/SD	VH	Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.17	0.48	0.05	0.04	0.26
VH					
Anos/Classes	VH	VHLD	CA/SD		Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.17	0.23	0.12		0.26
VHLD					
Anos/Classes	VHLD	VH	VLT		Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.27	0.03	0.66		0.04
VLT					
Anos/Classes	VLT	VH	VHLD		Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.89	0.021	0.05		0.039

Na análise desta tabela verifica-se que durante o período entre 1953 e 2003 apenas 27% da área inicial da VHLD (savana arborizada) se manteve, tendo transitado 3% para VH (savana herbácea) e 66% para VLT (floresta). Verifica-se ainda que 89% da área de VLT (floresta) que existia em 1953 se manteve tendo transitado em cerca de 5% para a VHLD (savana arborizada).

ALTERAÇÕES DO COBERTO DO SOLO NA MATA DO CANTANHEZ (GUINÉ-BISSAU) DE 1953 A 2003

Tabela 27 – Identificação e quantificação das tendências de transições (1986/1994; 1994/2000 e 2000/2003) – Proporção de áreas das classes (em colunas) que contribuíram para a classe em análise (a negrito). As colunas a cinzento representam a proporção da área da classe em análise que se manteve inalterada. As transições não plausíveis correspondem a contribuições provenientes de classes de coberto consideradas como erro por serem impossíveis (e.g. area de vegetação herbácea proveniente de vasas)

VLVC						
Anos/Classes	Vasas	CA/SD	VLVC			Transições não plausíveis
1986-1994	0.01	0	0.89			0.1
1994-2000	0.03	0	0.84			0.13
2000-2003	0.02	0	0.88			0.1
VH						
Anos/Classes	CA/SD	VH	VHLD	VLE	VLD	Transições não plausíveis
1986-1994	0.01	0.19	0.28	0.32	0.11	0.09
1994-2000	0.01	0.33	0.36	0.19	0.06	0.17
2000-2003	0.01	0.46	0.11	0.32	0.04	0.14
VHLD						
Anos/Classes	VH	VHLD	VLE			Transições não plausíveis
1986-1994	0.18	0.46	0.26			0.1
1994-2000	0.17	0.45	0.3			0.08
2000-2003	0.14	0.59	0.15			0.12
Vasas						
Anos/Classes	Vasas	CA/SD	VLVC	VH		Transições não plausíveis
1986-1994	0.14	0.23	0.24	0.14		0.25
1994-2000	0.45	0.15	0.18	0.08		0.14
2000-2003	0.34	0.17	0.23	0.04		0.22
CA/SD						
Anos/Classes	Vasas	CA/SD	VLVC	VH		Transições não plausíveis
1986-1994	0.04	0.74	0.03	0.09		0.1
1994-2000	0.14	0.7	0.02	0.02		0.12
2000-2003	0.06	0.69	0.01	0.03		0.21
VLE						
Anos/Classes	VH	VHLD	VLE.	VLD		Transições não plausíveis
1986-1994	0.05	0.12	0.57	0.23		0.03
1994-2000	0.14	0.13	0.39	0.25		0.09
2000-2003	0.1	0.22	0.4	0.25		0.03
VLD						
Anos/Classes	VH	VHLD	VLE	VLD		Transições não plausíveis
1986-1994	0.01	0.01	0.2	0.73		0.05
1994-2000	0.04	0.01	0.19	0.7		0.06
2000-2003	0.02	0.01	0.28	0.61		0.08

Na análise da tabela 27, verifica-se que no caso da VH (savana herbácea), quanto menor for a diferença entre datas maior é a percentagem das áreas de savana herbácea que se mantiveram. Durante oito anos (de 1986 para 1994) mantiveram 19%, de 1994 para 2000 (6 anos) mantiveram 33% e finalmente de 2000 para 2003 (3 anos) mantiveram 46%.

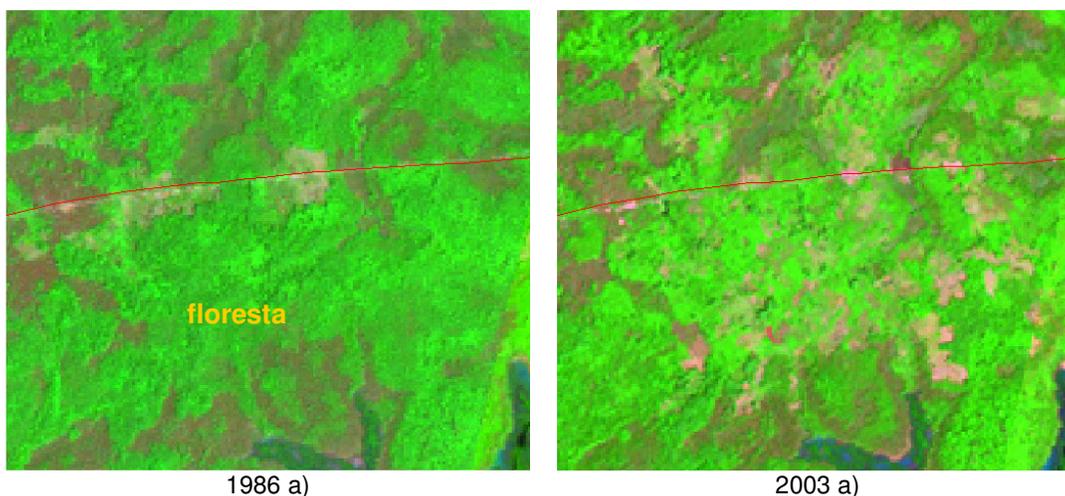
Tabela 28 – Identificação e quantificação das tendências de transições (1953/2003) – Proporção de áreas das classes (em colunas) que contribuíram para a classe em análise (a negrito). As colunas a cinzento representam a proporção da área da classe em análise que se manteve inalterada. As transições não plausíveis correspondem a contribuições provenientes de classes de classe de coberto consideradas como erro por serem impossíveis (e.g. área de vegetação herbácea proveniente de vasas).

VLVC					
Anos/Classes	VLVC	CA/SD	Vasas		Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.76	0.08	0.02		0.14
CA/SD					
Anos/Classes	CA/SD	VLVC	Vasas	VH	Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.59	0.1	0.01	0.23	0.07
Vasas					
Anos/Classes	Vasas	VLVC	CA/SD	VH	Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.03	0.37	0.39	0.16	0.05
VH					
Anos/Classes	VH	VHLD	CA/SD	VLT	Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.41	0.21	0.15	0.13	0.1
VHLD					
Anos/Classes	VHLD	VH	VLT		Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.55	0.19	0.11		0.15
VLT					
Anos/Classes	VLT	VH	VHLD		Transições não plausíveis
1953 - 2003	0.51	0.06	0.34		0.09

Na análise da tabela 28 pode notar-se que a classe VLVC (mangal) contribuiu com cerca de 37% para o crescimento da área de V (vasas) e CA/SD (bolanha) com 39% durante o período considerado. Entre 1953 e 2003 a VH (savana herbácea) e VLT (floresta) contribuíram com cerca de 19% e 11%, respectivamente para a classe VHLD (savana arborizada). As classes VHLD (savana arborizada) e VH (savana herbácea) contribuíram com cerca de 34% e 6%, respectivamente, para o incremento da área de VLT (floresta) verificado em 2003.

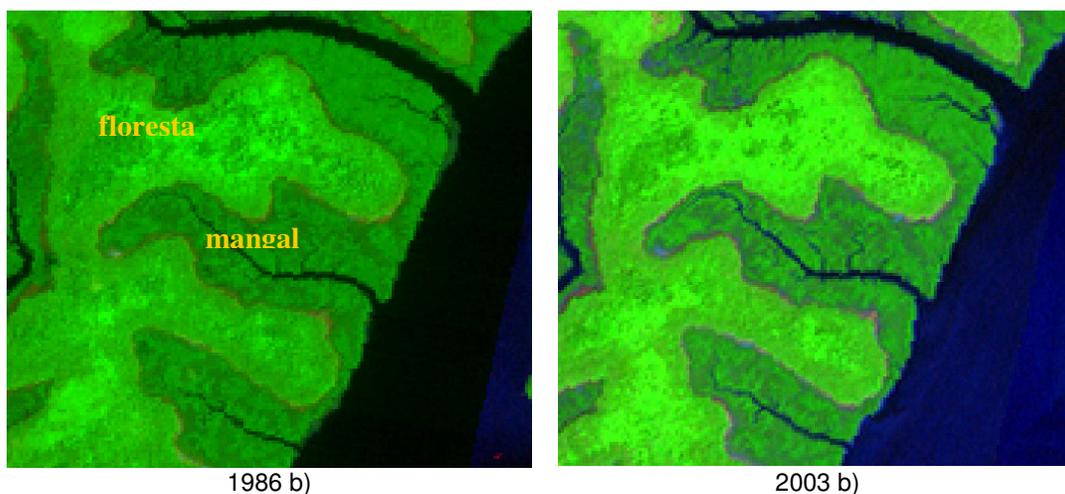
A observação atenta dos mapas do coberto do solo ao longo do período estudado (fig. 31 e 32) permite constatar que grande parte da área de floresta na área em estudo não sofreu alterações significativas. As alterações mais importantes,

ocorreram principalmente nas zonas povoadas e ao longo das principais estradas que ocupam os interflúvios mais importantes, sendo nestas zonas que se encontram as maiores áreas de pressão sobre a vegetação natural. Na figura 37 ilustram-se dois casos antagónicos de evolução do coberto do solo: a) área onde se observa maior degradação da vegetação natural (faixa compreendida entre os cruzamentos de Botché Cul e Botché Djaté) e b) área onde se observa estabilidade das manchas de vegetação natural (Mato de Cambeque).



Coordenadas:

Canto superior esquerdo	Canto inferior direito	Extensão (m)
499671.61E	505965.78E	6294.16
1257778.95N	1252273.17N	5505.78



Coordenadas:

Canto superior esquerdo	Canto inferior direito	Extensão (m)
496732.45E	501158.60E	4426.15
1240596.41N	1236718.17N	3878.24

Figura 37 – Casos antagónicos de evolução do coberto do solo em que as manchas de floresta correspondem às manchas de verde vivo. a) Exemplo de degradação da continuidade florestal observável perto das estradas entre 1986 à esquerda e 2003 à direita. b) Exemplo de estabilidade das manchas de floresta entre 1986 à esquerda e 2003 à direita, as manchas de verde mais escuro ao longo dos cursos de água correspondem a mangal.