

---

---

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DO MAPEAMENTO E DA ANÁLISE DE DINÂMICA DA PAISAGEM**

#### **4.1 TAXAS E TENDÊNCIAS REGIONAIS DE MUDANÇAS NA PAISAGEM**

Como relatado no Capítulo II, a ocupação da região de estudo teve início em meados da década de 70 com a abertura da estrada BR-163, que liga Cuiabá a Santarém no Pará. Logo no início das obras, a região foi invadida por uma leva de colonizadores espontâneos que vieram a se fixar ao longo da faixa marginal da mesma rodovia. Simultaneamente, começaram as aberturas das extensas glebas de pastagens das fazendas do Complexo Agro-pecuário Cachimbo. Em 1977, o desmatamento nessa região estava somente concentrado ao redor da futura sede da municipalidade de Terra Nova, ao longo dessa rodovia e nas primeiras grandes aberturas de pastagens da Cachimbo (Cf. a Fig. 2.7). Já no final dessa década e início da década de 80, a ocupação da região ganha um tremendo impulso a partir da instalação dos projetos de colonização e também devido à forte influência do ciclo do garimpo de ouro. Este fato levou a uma situação particular, caracterizada pela participação ativa dos colonos na atividade garimpeira, que se desenvolvia próximo ou mesmo dentro de sua propriedade rural. A partir de 1991-1992 ocorre um forte declínio dos garimpos, resultando no retorno à atividade rural por parte de muitos colonos e migrações internas das regiões dos garimpos para áreas urbanas. Como consequência desse processo, geraram-se também novas pressões para invasões de terra e mesmo êxodo da população local para outras regiões da Amazônia.

Como já ressaltado anteriormente, este contexto, descrito de modo resumido acima, serviu para nortear a seleção dos períodos empregados para análise da dinâmica da evolução da paisagem da região de estudo. Desse modo, os instantâneos fornecidos pelas imagens de 1986, 1991 e 1994, quando colocados juntos, ajudam não só a ilustrar e quantificar as mudanças regionais como também servem para comparar e caracterizar estas distintas fases da dinâmica de uso e de ocupação do solo da região em apreço (Fig. 4.1).

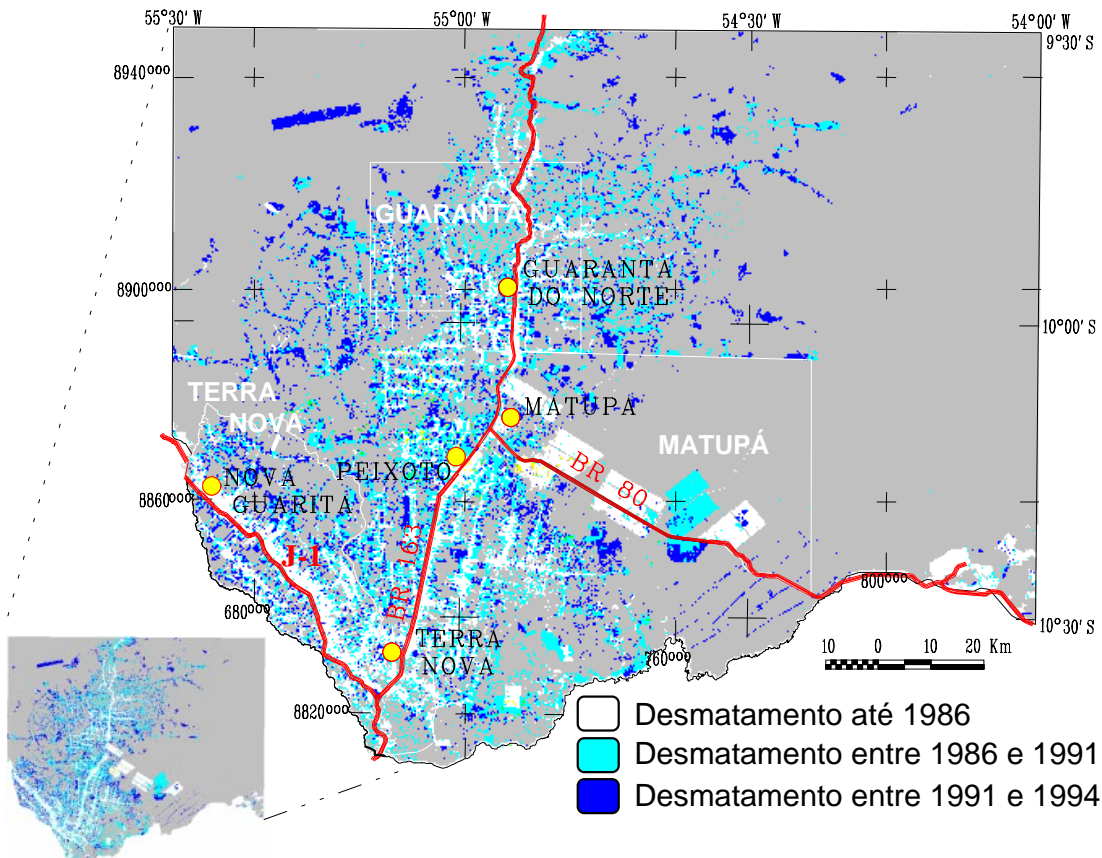


Fig. 4.1 - Evolução do desmatamento na região de estudo.

Desse modo, pode-se observar pela análise da figura acima que o desmatamento da região teve início a partir das faixas marginais das estradas BR-163 e J-1, irradiando-se pela região numa segunda fase, segundo a estrutura criada pelas estradas vicinais dos projetos de colonização. Numa terceira fase, o desmatamento avança em direção aos

---

---

fundos dos lotes rurais como também forma grandes tentáculos que se projetam para nordeste e noroeste, adentro das áreas mais remotas de florestas.

Para uma avaliação quantitativa desse fenômeno, medidas devem ser obtidas da comparação dos mapas derivados da análise das imagens multitemporais. Como destacado anteriormente, estes mapas multitemporais fornecem não-somente medidas da proporção dos elementos de paisagem para um certo instante no tempo, mas também as taxas ou probabilidades de transição entre os estados dos elementos de paisagem para dois ou mais períodos do tempo.

Nesse sentido, foram selecionadas no Capítulo II, em função da heterogeneidade da paisagem e dos diferentes modos e histórias de ocupação da região de estudo, três subáreas para a análise e comparação de seus modelos de mudanças (distribucionais e espaciais). Como já relatado, as subáreas de Terra Nova e Guarantã mostram uma história semelhante de ocupação, caracterizada por uma estrutura fundiária inicialmente formada por pequenos proprietários (100 ou menos hectares), e diferindo-se apenas quanto ao maior tempo de ocupação, enquanto a subárea de Matupá apresenta uma ocupação dominada por poucos e extensos latifúndios de pecuária extensiva.

Para cada uma das subáreas selecionadas e mais a região total foram então extraídas as matrizes de transição (valores absolutos e relativos - TABELAS 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4) para os períodos de 80-86, 86-91 e 91-94. Embora, não se disponham de dados para 1980, esta data foi considerada como referência média para o início do acelerado processo de ocupação e desmatamento da região. Por sua vez, os mapas multitemporais de paisagem obtidos para cada uma das subáreas servirão também para parametrizar os modelos espaciais de mudanças através da utilização da técnica de regressão logística (Fig. 4.2 e 4.3).

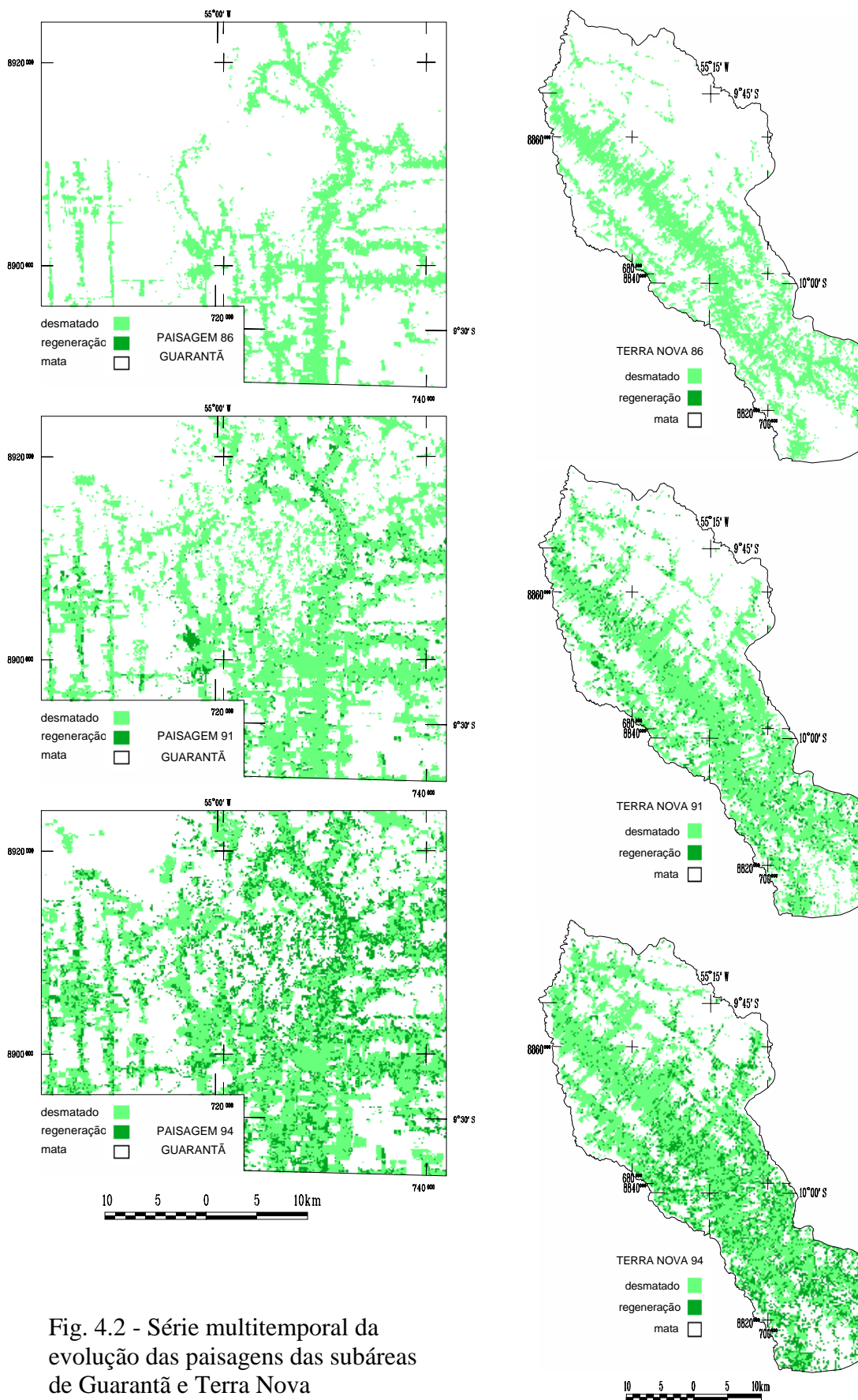


Fig. 4.2 - Série multitemporal da evolução das paisagens das subáreas de Guarantã e Terra Nova

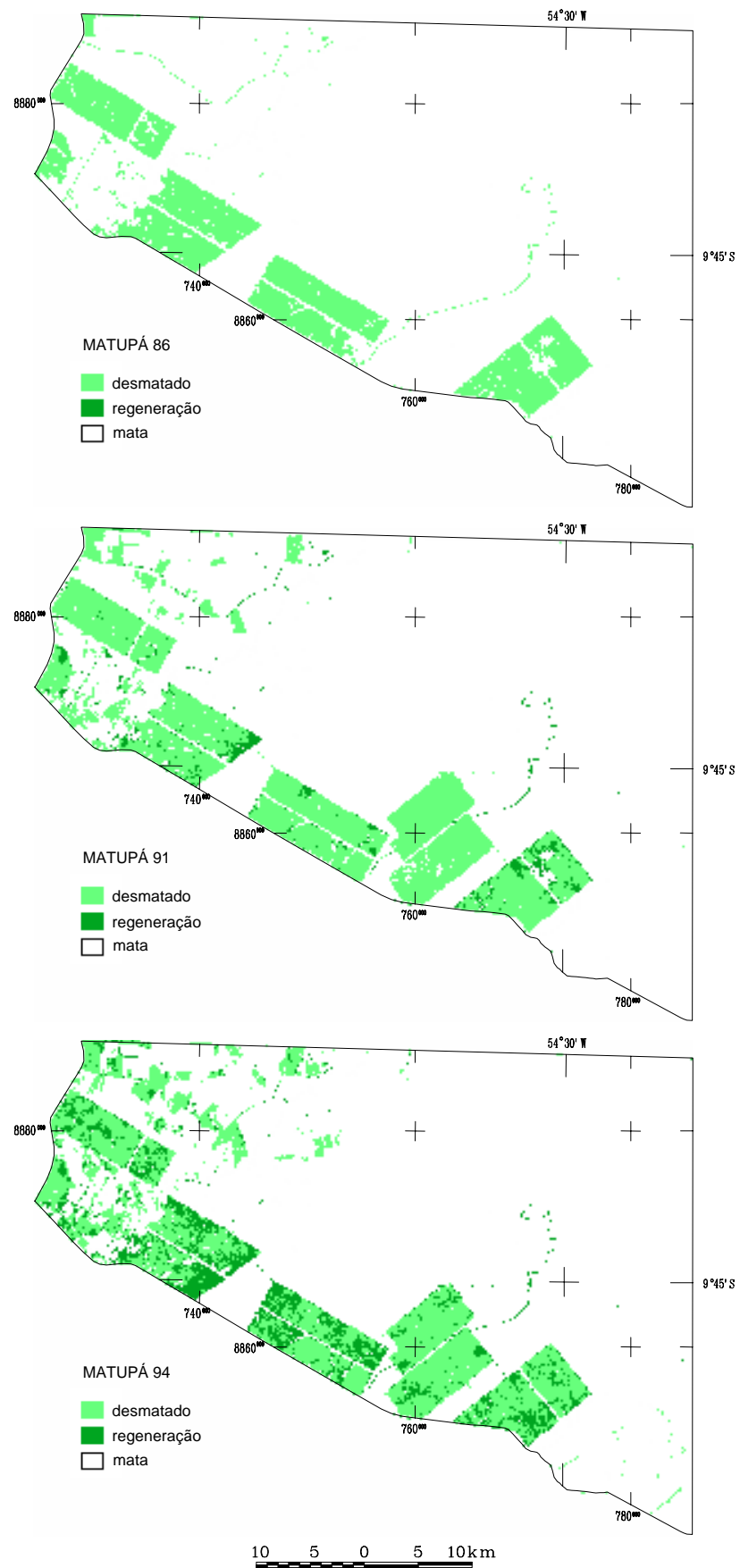


Fig. 4.3 - Série multitemporal da evolução da paisagem da subárea de Matupá.

TABELA 4.1

MATRIZES DE TRANSIÇÕES ABSOLUTAS E RELATIVAS  
PARA A SUBÁREA DE GUARANTÃ

<b>80x86 Hectares</b>				<b>80x86 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	0	0	20428,65	desmatado	0,00	0,00	16,15
regeneração	0	0	0	regeneração	0,00	0,00	0,00
mata	0	0	106102,4	mata	0,00	0,00	83,85

<b>86x91 Hectares</b>				<b>86x91 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	16110,27	0	24172,56	desmatado	78,86	0,00	22,78
regeneração	4318,38	0	0	regeneração	21,14	0,00	0,00
mata	0	0	81929,79	mata	0,00	0,00	77,22

<b>91x94 Hectares</b>				<b>91x94 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	24829,29	1140,48	13158,63	desmatado	61,67	26,42	16,07
regeneração	15431,49	3176,28	0	regeneração	38,33	73,58	0,00
mata	0	0	68704,92	mata	0,00	0,00	83,93

TABELA 4.2

MATRIZES DE TRANSIÇÕES ABSOLUTAS E RELATIVAS  
PARA A SUBÁREA DE TERRA NOVA

<b>80x86 Hectares</b>				<b>80x86 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	0	0	39966,12	desmatado	0,00	0,00	28,50
regeneração	0	0	0	regeneração	0,00	0,00	0,00
mata	0	0	100268	mata	0,00	0,00	71,50

<b>86x91 Hectares</b>				<b>86x91 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	30938,31	0	21329,01	desmatado	77,41	0,00	21,27
regeneração	9027,81	0	0	regeneração	22,59	0,00	0,00
mata	0	0	78939	mata	0,00	0,00	78,73

<b>91x94 Hectares</b>				<b>91x94 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	36542,43	3204,63	15306,75	desmatado	69,94	35,50	19,40
regeneração	15704,55	5822,73	0	regeneração	30,06	64,50	0,00
mata	0	0	63606,33	mata	0,00	0,00	80,60

TABELA 4.3

MATRIZES DE TRANSIÇÕES ABSOLUTAS E RELATIVAS  
PARA A SUBÁREA DE MATUPÁ

<b>80x86 Hectares</b>				<b>80x86 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	0	0	21773,16	desmatado	0,00	0,00	11,89
regeneração	0	0	0	regeneração	0,00	0,00	0,00
mata	0	0	161373,9	mata	0,00	0,00	88,11

<b>86x91 Hectares</b>				<b>86x91 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	19107,45	0	11145,96	desmatado	87,76	0,00	6,91
regeneração	2665,71	0	0	regeneração	12,24	0,00	0,00
mata	0	0	150227,9	mata	0,00	0,00	93,09

<b>91x94 Hectares</b>				<b>91x94 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	21972,24	782,55	4456,17	desmatado	72,94	29,48	2,97
regeneração	8151,21	1872,27	0	regeneração	27,06	70,52	0,00
mata	0	0	145673,7	mata	0,00	0,00	97,03

TABELA 4.4

MATRIZES DE TRANSIÇÕES ABSOLUTAS E RELATIVAS  
PARA TODA A REGIÃO

<b>80x86 Hectares</b>				<b>80x86 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	0	0	157772,3	desmatado	0,00	0,00	8,24
regeneração	0	0	0	regeneração	0,00	0,00	0,00
mata	0	0	1756708	mata	0,00	0,00	91,76

<b>86x91 Hectares</b>				<b>86x91 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	127573,92	0	159590,5	desmatado	80,86	0,00	9,08
regeneração	30198,42	0	0	regeneração	19,14	0,00	0,00
mata	0	0	1597118	mata	0,00	0,00	90,92

<b>91x94 Hectares</b>				<b>91x94 %</b>			
	desmatado	regeneração	mata		desmatado	regeneração	mata
desmatado	190836,72	9425,07	107512	desmatado	66,99	31,27	6,74
regeneração	94041,99	20720,34	0	regeneração	33,01	68,73	0,00
mata	0	0	1488212	mata	0,00	0,00	93,26

Para uma melhor comunicação, os dados tabelados acima são também sumarizados nas Figs. 4.4 e 4.5. Por estes gráficos, observa-se em relação ao período analisado que o desmatamento, em termo absoluto, mostrou-se numa taxa ascendente em relação a quase toda região. Desse modo, as taxas de desmatamento para a região de Terra Nova, que tinham caído entre 86-91, voltaram também a subir para 91-94, possivelmente indicando a retomada da atividade rural após o ciclo do ouro. Já as taxas que eram ascendentes para região de Guarantã começam a cair entre 1991-1994, talvez indicando o arrefecimento da maior fase de desmatamento provocada pela primeira onda de ocupação da região (Cf. Fig. 1.15). Somente para a subárea de Matupá, o processo de desmatamento se mostra em franco declínio após a fase inicial de implantação das grandes fazendas.

Do exposto acima, pode-se concluir, embora haja ligeiras divergências entre as subáreas, que esses resultados são unânimes em apontar - a exceção da região do Projeto Cachimbo - que o desmatamento seguiu-se, até quando observado em 1994, de modo bastante acelerado e espalhado por quase toda a região, consumindo não somente as reservas florestais dos fundos dos lotes, mas também abrindo novas frentes de desmatamento nas remotas áreas da região de estudo.

Por outro lado, observa-se que, à medida que se acelera o desmatamento na região, inúmeras áreas previamente ocupadas, quer seja pela agricultura ou pecuária, são novamente abandonadas. Veja nos gráficos das Figs. 4.4 e 4.5, o vertiginoso incremento de 1991 para 1994 de sítios em regeneração em todas as subáreas analisadas, que chegam alcançar cerca de 30% dos locais previamente desmatados. Disso se conclui que, muito embora algumas destas áreas possam sofrer desmatamentos subsequentes, extensos tratos de regeneração eventualmente chegarão na região a formar florestas secundárias, com relativa riqueza em biodiversidade.



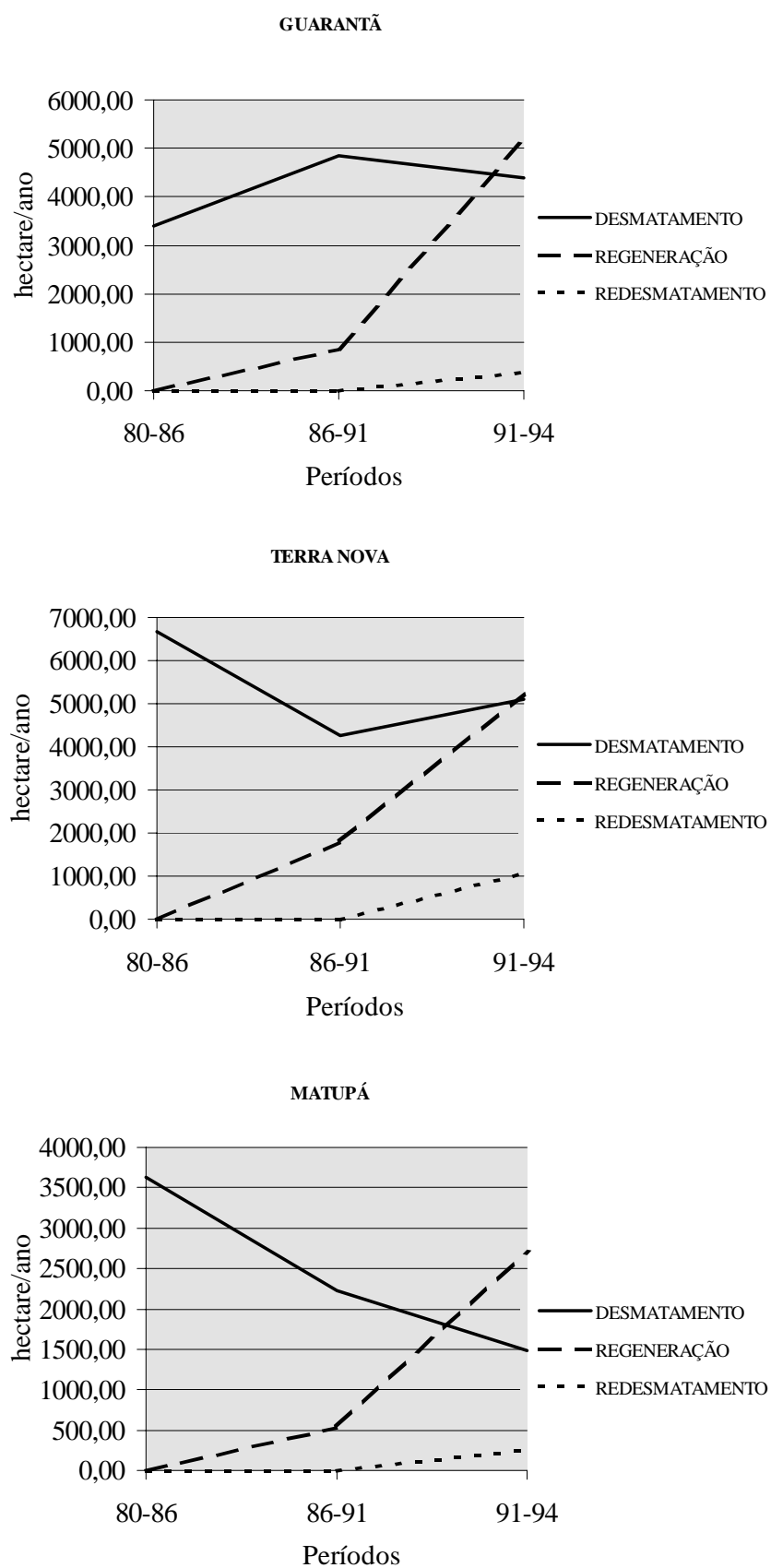


Fig. 4.4 - Quantidades anuais de transições para as três subáreas.

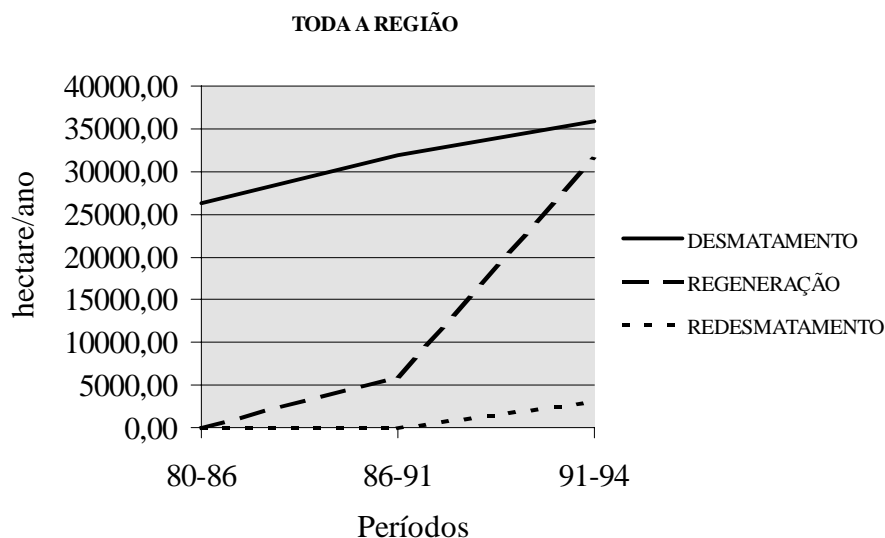


Fig. 4.5 - Quantidades anuais de transições para toda a região.

#### 4.2 COMPARAÇÃO DA DINÂMICA DE PAISAGEM DAS SUBÁREAS USANDO-SE DE MODELO DE PROJEÇÃO DISTRIBUICIONAL MARKOVIANO

A discussão introduzida acima pode ser ainda reavaliada sob a luz do modelo de projeção markoviano. Muito embora esse modelo apresente várias restrições (Cf. seção 1.3.3.4), ele pode ser utilizado para indicar o que poderá acontecer se as condições atuais permanecerem imutáveis. Desse modo, esta abordagem foi utilizada aqui mais no sentido de se comparar as tendências projetadas e com isso avaliar se há ou não uma significativa diferença entre os modelos distribucionais de mudanças das subáreas analisadas, do que simplesmente prever os futuros equilíbrios hipotéticos<sup>4.1</sup>.

Para tanto, as matrizes de transição obtidas para o período 91-94 foram derivadas para se construir projeções das hipotéticas evoluções das paisagens das três subáreas e da região como um todo. O resultado deste procedimento é visualizado pelas

<sup>4.1</sup> Veja que, como mostrado no capítulo de introdução da tese, o fenômeno do desmatamento na Amazônia não é estável, apresentando forte oscilação de suas taxas em função de conjunturas político-econômicas de âmbito nacional.

---

Figs. 4.6 e 4.7. Em termos comparativos, pode-se deduzir que a evolução das paisagens das subáreas de Guarantã e Terra Nova são bem semelhantes, tanto no tocante à distribuição da paisagem final, quanto ao tempo necessário para se atingir o equilíbrio hipotético (cerca de 60 a 70 anos). Por outro lado, a subárea de Matupá apresenta uma evolução muito mais conservadora, como evidenciada pelo tempo a ser percorrido até o equilíbrio futuro. Isto se explica devido à grande parte dessa área fazer parte de um único projeto agro-pecuário (Como demonstrado pela seção 2.4.4, os latifúndios, com áreas superiores a 1000 hectares, tendem a apresentar uma menor proporção de área desmatada/preservada). Todavia, o quadro conservador apresentado por essa área poderá ser alterado drasticamente em um futuro próximo, devido às novas pressões que se impõem à região, como as invasões dos Sem-Terra e a revenda de parte das propriedades para fugir da reforma agrária.

Ainda, como mostrado pelas gráficos das Figs. 4.6 e 4.7, um equilíbrio hipotético poderá ser alcançado, no qual restará uma ínfima parte de florestas primárias entre proporções equivalentes de áreas desmatadas e em regeneração, das quais algumas sub-regiões eventualmente chegarão a formar florestas secundárias com estrutura e biodiversidade próxima às matas primárias. Veja que esta tendência, embora com valores pouco diferentes para cada uma das subáreas, prevalece para toda a região. Contudo, uma outra restrição que se pode acrescentar a estes modelos markovianos, é que eles não levam em conta o efeito de saturação do processo de difusão do desmatamento, haja vista a forma da curva logística apresentada em geral pelos processos de difusão (GARNER,1971). Conseqüentemente, por mais que seja inexorável o avançar do desmatamento através da região, é de se esperar ainda encontrar remanescentes de manchas de florestas primárias em áreas que sejam bastante inóspitas aos modelos regionais de uso e ocupação do solo, ou mesmo em reservas preservadas a

partir de atitudes de conservação, quer sejam espontâneas, motivadas por lei ou incentivo e até forçadas por fiscalização, mesmo que essas atitudes sejam ainda bastante ausentes na região.

A respeito da futura composição da paisagem dessa região convém também lembrar que, com as queimadas se tornando mais prevalentes, acrescido da possibilidade de diminuição do regime pluvial na Amazônia, devido ao contínuo desmatamento das florestas primárias (SKULA et al., 1990, apud FEARNside, 1996), essa capacidade de recuperação florestal, como demonstrada, poderá ser em muito afetada, provocando em consequência uma irreversível degradação do inteiro ecossistema regional. Compare o efeito dessas ressalvas acima nas tendências apresentadas pelo modelo markoviano para a região como um todo (Fig. 4.6).

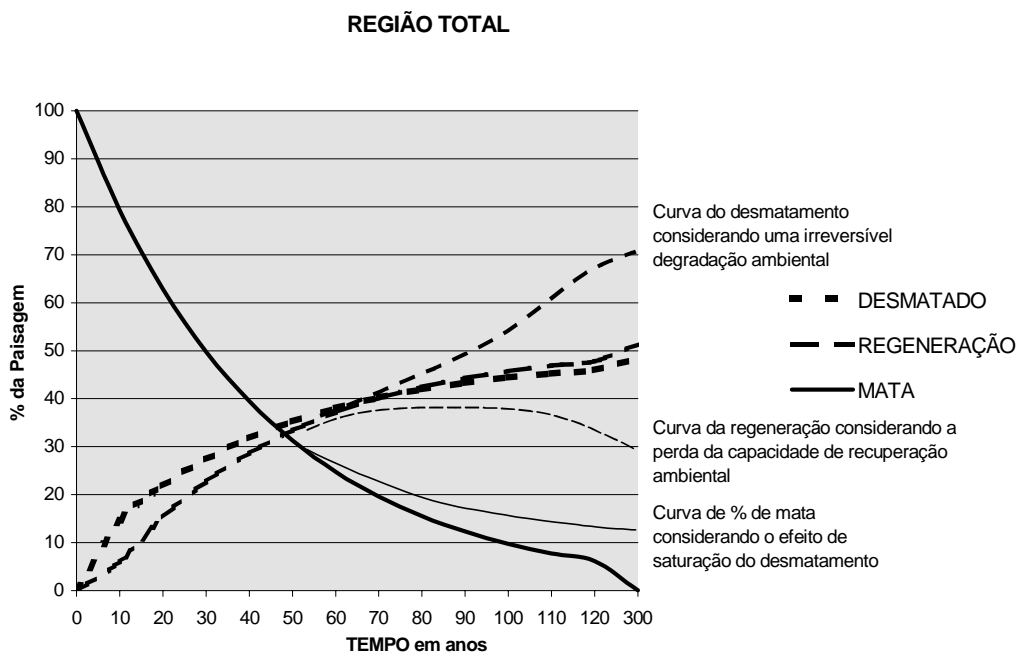


Fig. 4.6 - Modelo de projeção distribucional markoviano, usando-se as matrizes de transição 91-94 para toda a região. Compare os efeitos hipotetizados de saturação da difusão do desmatamento e da perda de capacidade de recuperação ambiental.

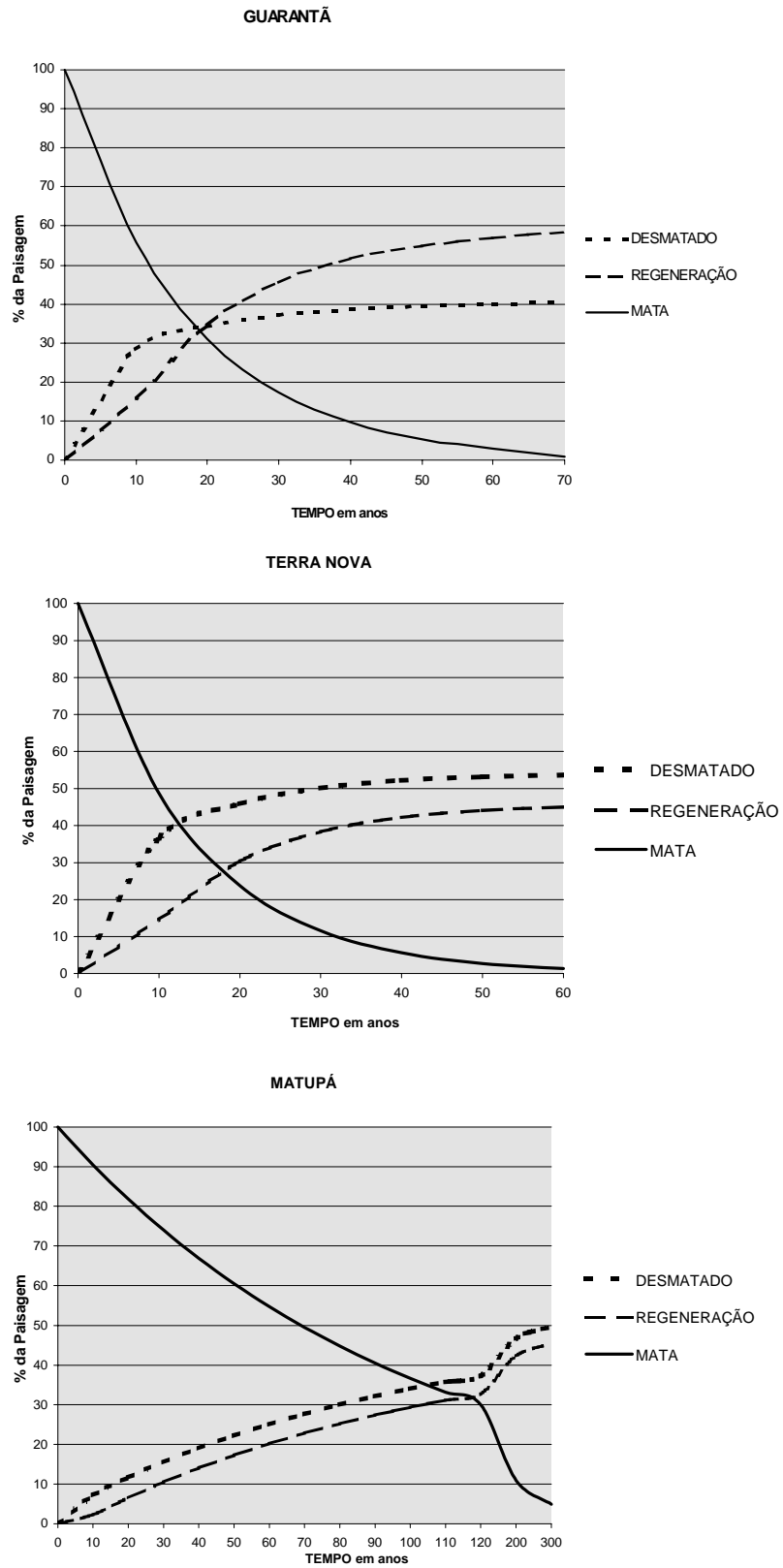


Fig. 4.7 - Modelos de projeção distribucional markoviano para as três subáreas.

### 4.3 MEDIDAS DA EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA DA PAISAGEM

Os dois tópicos anteriores foram dedicados a uma comparação entre os modelos distribucionais de mudanças das subáreas selecionadas. Um outro ponto importante a se destacar na comparação dessas subáreas consiste na avaliação das estruturas de paisagem resultantes de suas dinâmicas ambientais.

Nesse contexto, pode-se afirmar que a paisagem regional está longe de alcançar um equilíbrio ambiental, caracterizando-se sobretudo por uma forte atividade de perturbação da matriz florestal. Assim, com o avançar da ocupação da região, a outrora contínua matriz florestal se fragmenta em pequenas manchas que se intermeiam às áreas desmatadas e em regeneração, resultando em extensos ambientes de margem e no isolamento dos habitats originalmente contínuos. Observa-se desse modo, que com o aumento do desmatamento na região, cresce o índice de dimensão fractal total e diminui o índice de contágio, indicando, respectivamente, o aumento das áreas de borda e da descontinuidade dos habitats de mata. Decorrente também desse processo, cresce inicialmente o número de manchas de áreas de mata para novamente decair, devido à crescente eliminação dos fragmentos, ao mesmo tempo que declina o tamanho médio das manchas de matas remanescentes e aumenta seu índice de dimensão fractal (Fig. 4.8).

Destaca-se também desta análise que a evolução das estruturas de paisagem das subáreas de Guarantã e Terra Nova é bem semelhante, sendo que suas diferenças se explicam basicamente em função dos diferentes tempos de ocupação. Por sua vez, novamente a subárea de Matupá apresenta-se de modo distinto, mostrando, por exemplo, os maiores índices de contágio e dimensão fractal em conjunto com o menor número e maior tamanho médio das manchas de remanescentes florestais, fato que se

justifica devido à presença nessa subárea de grandes reservas florestais entre os extensos blocos de pastagem. Portanto, pode-se concluir a partir destes resultados, que esses índices são úteis não só para descrever o modo que essas paisagens estão se alterando, mas também para caracterizá-las no tocante aos seus diversos quadros de ocupação.

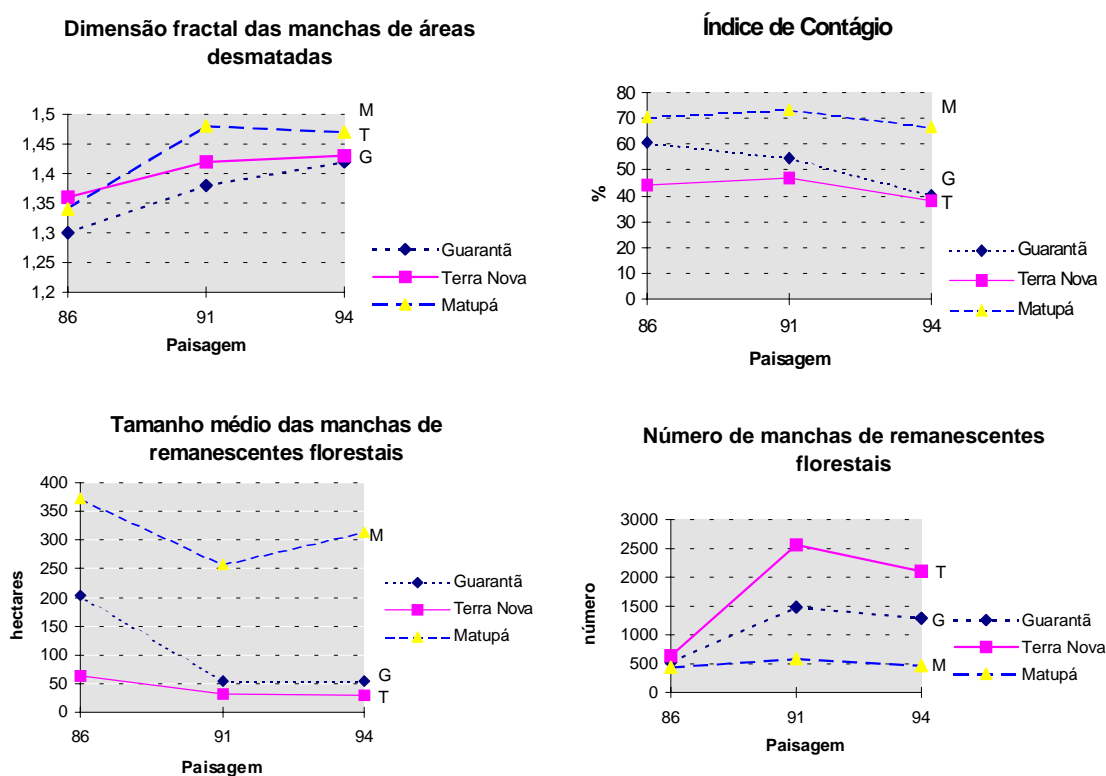


Fig. 4.8 - Comparação da evolução dos índices de estrutura de paisagem em cada uma das subáreas selecionadas, usando-se grão de 30 metros.

#### 4.4 OS MODELOS ESPACIAIS DE MUDANÇAS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE REGRESSÃO LOGÍSTICA

Nos dois tópicos precedentes foi demonstrada a diferença, em termos dos modelos distribucionais de mudanças e da evolução da estrutura de paisagem, das duas subáreas características da ocupação por pequenos colonos para a subárea de Matupá, onde predominam as grandes fazendas de gado. No entanto, uma questão colocada a princípio ainda permanece:

---

---

Serão essas áreas substancialmente diferentes em relação aos seus modelos espaciais de mudanças?

A este propósito, foi mostrado no capítulo anterior que a integração dos mapas multitemporais de paisagem com outras camadas ambientais em um SIG torna-se promissor em ordem de se entender a evolução da paisagem da região de estudo, quer seja em função dos processos de uso do solo e de recuperação ambiental ou até mesmo de suas particularidades fisiográficas. Nesse sentido, foi escolhida a técnica de regressão logística para determinar a força de variáveis pré-selecionadas e a sua dependência para o desenvolvimento dos modelos espaciais de mudanças.

Como é também objetivo deste trabalho aprimorar metodologia para o cálculo das probabilidades espaciais de transição - ou seja a obtenção de mapas que assinalem os padrões das áreas sensíveis aos diferentes tipos de mudanças estabelecidas pelo modelo conceitual de dinâmica -, foram modelados não a ocorrência alternativa dos três estados em questão, mas sim as transições entre eles. Consequentemente, optou-se pelo desenvolvimento de modelos monotômicos<sup>4.2</sup>, haja vista que essas transições são independentes entre si<sup>4.3</sup>.

Assim, para cada uma das subáreas foram implementados cinco modelos de regressão logística, dois para o período de 86-91 (*Mata-Desmatado* e *Desmatado-Regeneração*) e três para o período de 91-94 (*Mata-Desmatado*, *Desmatado-Regeneração* e *Regeneração-Desmatado*). Nestas regressões, foram modelados os

---

<sup>4.2</sup> Uma outra abordagem alternativa consiste na utilização de uma única regressão politômica, mas nesse caso não se estaria modelando as transições, mas sim a ocorrência alternativa dos elementos de paisagem a partir de um conjunto de variáveis espaciais explanatórias, mensuradas em um tempo  $t_1$ . Além disso, esses modelos são mais difíceis de se explicar, posto que usam o mesmo conjunto de variáveis para modelar fenômenos diferentes, como é o caso dos processos de desmatamento e de regeneração florestal.

<sup>4.3</sup> Lembre-se que, semelhante ao modelo de Markov, a informação do passado está concentrada no presente estado do processo. Por isso, as probabilidades de transição são somente complementares, ou seja sua soma é igual a 1, ao longo das linhas da matriz de transição.



seguintes eventos: Dado o estado de uma célula de paisagem em um tempo  $t_1$ , se houver sucesso na sua transição  $y=1$ , senão  $y=0$ <sup>4.4</sup> (Fig.4.9). Por conseguinte, uma outra idéia por traz do desenvolvimento desses modelos consiste na comparação de suas estruturas, tanto em relação aos dois períodos analisados como também entre as distintas regiões.

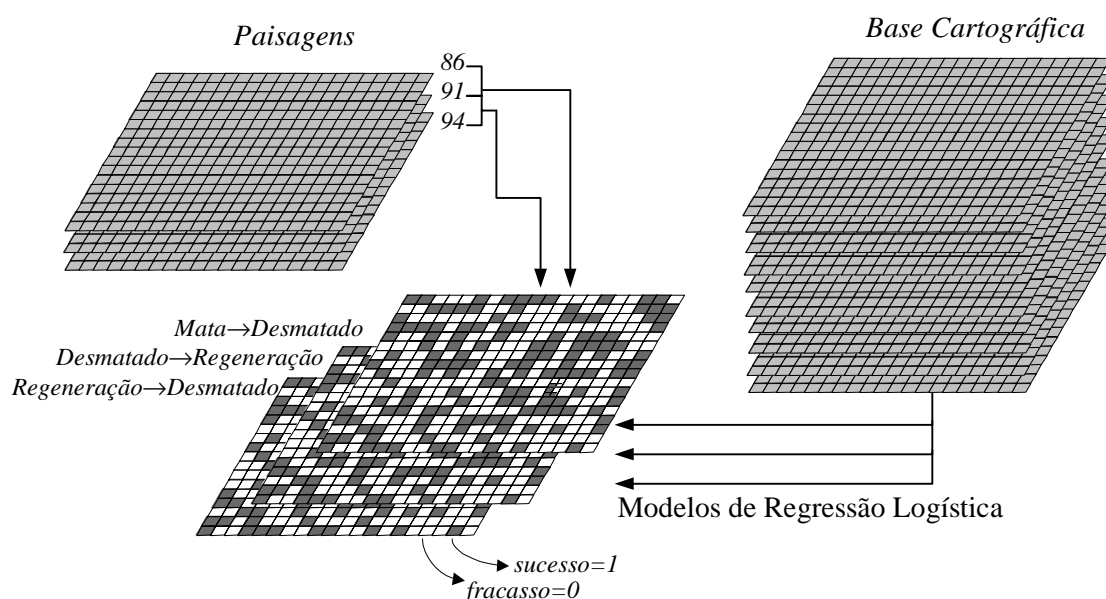


Fig. 4.9 - Esquema de aplicação da regressão logística para obtenção das  $P_{ij}$ s do modelo espacial de mudanças.

Como variáveis iniciais foram usados os mapas multitemporais de paisagem em conjunto com os mapas das variáveis pré-selecionadas no Capítulo II, a saber: vegetação e solo, fator de atração urbana, altitude, declividade, distâncias aos rios, distâncias às estradas principais e secundárias e distâncias às ocorrências prévias de mata, desmatamento e regeneração (TABELA 4.5). Os valores destas variáveis foram amostrados da base cartográfica digital, usando-se uma grade com espaçamento de 400 por 400 metros.

<sup>4.4</sup> O resultado obtido pode ser traduzido como a chance de acontecer um determinado evento em relação a uma situação de referência, caracterizando-se, então, como uma probabilidade condicional.

A estratégia de desenvolvimento adotada consistiu em minimizar o número de variáveis para que o modelo resultante fosse mais facilmente generalizado, sem haver, contudo, perda do seu sentido ecológico. Desse modo, foi empregado o procedimento *Backward*, o qual parte de um modelo ajustado com todas as variáveis e exclui-se, a cada passo, a variável menos importante em termos de significância do teste  $\chi^2$  de Wald e do teste da razão de verossimilhança conjunta, representado pela estatística G. Este procedimento se encerra quando todas as variáveis do modelo são significantes ao nível de 0,05 e a perda da estatística G permanece menor do que 5%. Por fim, são realizados testes da qualidade de ajuste dos modelos obtidos (*goodness of fit*), os quais avaliam os desvios dos valores  $Y_i$  preditos dos observados, através dos métodos Pearson  $\chi^2$ , Deviance e Homer-Lemershaw<sup>4.5</sup>.

TABELA 4.5  
CAMADAS CARTOGRÁFICAS DA BASE DE DADOS

Variável	Abreviatura	Código/unidades
Paisagem em 1986 Paisagem em 1991 Paisagem em 1994	Pais86 Pais91 Pais94	1 – desmatado, 2 - regeneração e 3 – mata
Tipo de solo	Solo	1 – totalmente impróprio para o plantio, 2 – pouco próprio, 3 – com menor restrição <sup>4.6</sup>
Tipo de vegetação	Vegetac.	1- aluvião, 2 - cerrado, cerradão e transição, 3 - F. O. Aberta e F. O. Fechada
Altitude	Altitude	Em metros
Declividade	Decl.	Ângulos, em graus
Fator de atração	Grav.	Adimensional
Distância a mata em 1986	d_mata86	Em metros
Distância a mata em 1991	d_mata91	Em metros
Distância ao desmatamento em 1986	d_desm86	Em metros
Distância ao desmatamento em 1991	d_desm91	Em metros
Distância à regeneração em 1991	d_reg91	Em metros
Distância às estradas principais	d_espr.	Em metros
Distância às estradas secundárias	d_esec.	Em metros
Distância aos rios	d_hidro	Em metros
Tempo de desmatamento	t_desm	Em anos

<sup>4.5</sup> O programa utilizado para a análise de regressão logística foi o MINITAB versão windows95, *software* licenciado para o Departamento de Estatística da UFMG.

<sup>4.6</sup> grupo 1 - AR, HPGD, AQA7; grupo 2 - Scd2, Scd4, Rd3, Rd4, Rd6; grupo3 - LED, LVd1 a LVd6, PVd1 a PVd15. Vide Fig. 2.5, pg. 112.

---

---

#### 4.4.1 OS MODELOS OBTIDOS PARA A SUBÁREA DE GUARANTÃ

As TABELAS 4.6 a 4.10 resumem os relatórios estatísticos produzidos pelo programa estatístico para os cinco modelos finais da subárea de Guarantã, incluindo o número de amostras usadas, os coeficientes da equação de regressão logística e os resultados dos testes estatísticos descritos pela seção 3.3.1. Uma primeira questão que advém da análise destas tabelas, refere-se ao significado dos coeficientes  $B_i$  de cada um dos termos das expressões matemáticas dos modelos obtidos.

Em primeiro lugar, pode ser explicado, no caso das variáveis serem categóricas, estando assim representadas por variáveis de *planejamento* (0 ou 1), que os coeficientes, na forma de  $e^{B_i}$ , equivalem à razão de chance que cada termo contribui ao sucesso do evento modelado. Para clarificar, veja o exemplo do modelo *Mata-Desmatado* de 1991-1994 (TABELA 4.8), cuja a vegetação do tipo-2 (Cerrado, Cerradão e Mata de Transição) tem 5.9 vezes mais chances de possibilitar o desmatamento do que a vegetação do tipo-1, cujo o termo se encontra embutido na constante  $B_0$ ; enquanto a vegetação do tipo-3 (Floresta Ombrófila Aberta e Densa) apresenta 6.57 mais de chances do que a vegetação do tipo-1 para o mesmo evento. Isto se deve à vegetação do tipo-1 compreender as matas aluvionares, as quais, de fato, não são interessantes ao desmatamento por serem regiões frequentemente alagáveis. Em segundo, quando os termos representam quantidades, como distância, altitude, etc., os pesos dos coeficientes devem ser comparados levando em conta as unidades de mensuração. Nesse aspecto, o coeficiente  $B_i$  do termo altitude, pode variar na região de cerca de 300 metros nas áreas mais baixas para 500 metros nos cumes dos morros, representando uma diminuição da razão de chances de desmatamento, dado por  $e^{B_i}$ , de 13.52 vezes (TABELA 4.8).

---

---

Como mostrado pela TABELA 4.6, o modelo final 86-91 para a transição *Mata-Desmatado* inclui as variáveis: **vegetação, distância ao desmatamento prévio, fator de atração, distância às estradas secundárias e distância aos rios**. Assim, ele mostra que as regiões de vegetação do tipo-2 e 3 têm mais chances de se desmatar do que as de vegetação tipo-1 e, ainda que, as chances de desmatamento aumentam proporcionalmente à atração urbana e diminuem a partir da distância aos desmatamentos prévios, às estradas secundárias e aos rios.

Já o mesmo modelo para 91-94 inclui as variáveis **vegetação, altitude, fator de atração urbana, distância ao desmatamento prévio e as regenerações prévias**. Neste caso, as regiões com vegetação tipo-2 e 3 têm também mais chances que as do tipo-1, embora o peso da vegetação tipo-3 tenha aumentado. As chances de desmatamento crescem ainda proporcionalmente ao fator de atração urbana e diminuem com a altitude, distância ao desmatamento prévio e regeneração prévia. De comum em ambos os modelos, aparecem então o tipo de vegetação, fator de atração e distância ao desmatamento prévio (TABELA 4.8). De fato, um exame dos mapas gerados a partir dos resultados dessa técnica mostra que as variáveis com mais peso nestes modelos são: **vegetação, fator de atração, distância à estrada secundária e ao desmatamento prévio e a altitude** (Fig. 4.10). Veja também, que no primeiro modelo, as maiores chances associadas à proximidade aos rios podem estar correlacionadas às altitudes mais baixas dessas áreas.

Em relação às chances de regeneração, observa-se que o modelo de Desmatado - Regeneração 86-91 inclui as variáveis **solo, altitude, fator de atração, distância à estrada principal e distância à mata prévia**. Assim, ele mostra que as regiões com mais chances de se regenerar são as áreas com solo do tipo-1 (TABELA 4.7), com maior altitude, mais distantes dos centros urbanos e da estrada principal e mais

próximas da mata. Já o mesmo modelo para o período 91-94 inclui as variáveis **altitude**, **declividade** e **distâncias à estrada principal e à mata prévia**, sendo que nesse, as regiões desmatadas com maior chance de se tornarem regeneração são as com maior altitude, maior declividade (Fig. 4.10), mais próximas da mata e da estrada principal (TABELA 4.9). Para esta última variável há uma inversão entre os dois modelos, fato que pode estar relacionado ao maior tempo já decorrido de desmatamento nas regiões vizinhas à estrada principal. Novamente, os mapas de probabilidade destacam os fatores que mais contribuem para as ocorrências das regiões regeneradas, os quais são: **fator de atração, distância à mata, altitude, solo e declividade** (Fig. 4.10).

Por último, o modelo 91-94 para Regeneração-Desmatado só inclui a variável **distância à estrada secundária**, a qual influencia negativamente nas chances das áreas em regeneração serem novamente desmatadas (TABELA 4.10).

TABELA 4.6  
GUARANTÃ: 1986-1991 Y = 0| MATA → MATA; Y=1| MATA → DESMATADO

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_la	1	1490					
	0	5185					
	Total	6675					
6675 cases were used							
24 cases contained missing values							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-4.0830	0.5633	-7.25	0.000		Lower	Upper
Vegetac.							
2	2.2334	0.3438	6.50	0.000	9.33	4.76	18.31
3	1.5923	0.3939	4.04	0.000	4.91	2.27	10.64
Grav.	0.0020801	0.0007220	2.88	0.004	1.00	1.00	1.00
d_desm86	-4.315E-05	4.0710E-06	-10.60	0.000	1.00	1.00	1.00
d_esec.	-5.284E-05	0.00002298	-2.30	0.021	1.00	1.00	1.00
d_hidro	-3.436E-05	0.00005481	-6.27	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -3310.199							
Test that all slopes are zero: G = 467.845, DF = 6, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	5860.454	5865	0.514				
Deviance	6158.488	5865	0.004				
Hosmer-Lemeshow	10.205	8	0.251				

**TABELA 4.7**  
**GUARANTÁ:1986-1991 Y=0| DESMATADO→DESMATADO; Y=1|**  
**DESMATADO→REGENERAÇÃO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_lb	1	254					
	0	979					
	Total	1233					
1233 cases were used							
35 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	0.287	2.058	0.14	0.889		Lower	Upper
solo							
2	-1.4534	0.7629	-1.90	0.057	0.23	0.05	1.04
3	-1.5089	0.7447	-2.03	0.043	0.22	0.05	0.95
altitude	0.008383	0.003118	2.69	0.007	1.01	1.00	1.01
Grav.	-0.004028	0.002082	-1.93	0.053	1.00	0.99	1.00
d_espr.	3.4990E-05	9.4124E-06	3.72	0.000	1.00	1.00	1.00
d_mata86	-0.0025922	0.0004130	-6.28	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -567.432							
Test that all slopes are zero: G = 119.371, DF = 6, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	1104.669	1156	0.858				
Deviance	1074.546	1156	0.957				
Hosmer-Lemeshow	5.570	8	0.695				

**TABELA 4.8**  
**GUARANTÁ: 1991-1994 Y = 0| MATA → MATA; Y=1| MATA → DESMATADO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_2a	1	822					
	0	4361					
	Total	5183					
5183 cases were used							
12 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-0.7143	0.8691	-0.82	0.411		Lower	Upper
Vegetac.							
2	1.7841	0.3051	5.85	0.000	5.95	3.27	10.83
3	1.8828	0.3666	5.14	0.000	6.57	3.20	13.48
altitude	-0.013024	0.001250	-10.42	0.000	0.99	0.98	0.99
grav.	0.003598	0.001004	3.58	0.000	1.00	1.00	1.01
d_desm91	-7.724E-05	0.00001969	-3.92	0.000	1.00	1.00	1.00
d_reg91	-3.309E-04	0.00008348	-3.96	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -2093.457							
Test that all slopes are zero: G = 346.484, DF = 6, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	5138.374	4968	0.045				
Deviance	4059.375	4968	1.000				
Hosmer-Lemeshow	36.597	8	0.000				

**TABELA 4.9**  
**GUARANTÃ: 1991-1994 Y = 0 | DESMATADO → DESMATADO; Y = 1 | DESMATADO →**  
**REGENERAÇÃO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_2b	1	931					
	0	1581					
	Total	2512					
2512 cases were used							
2 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-2.4181	0.5203	-4.65	0.000			
altitude	0.008366	0.001532	5.46	0.000	1.01	1.01	1.01
decl.	0.03744	0.01290	2.90	0.004	1.04	1.01	1.06
d_espr.	-1.232E-05	5.3437E-06	-2.30	0.021	1.00	1.00	1.00
d_mata91	-0.0025772	0.0002001	-12.88	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -1494.468							
Test that all slopes are zero: G = 323.313, DF = 4, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square		DF	P			
Pearson	1582.828		1519	0.124			
Deviance	1897.793		1519	0.000			
Hosmer-Lemeshow	21.410		8	0.006			

**TABELA 4.10**  
**GUARANTÃ: 1991-1994 Y = 0 | REGENERAÇÃO → REGENERAÇÃO; Y = 1 | REGENERAÇÃO →**  
**DESMATADO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_2c	1	69					
	0	185					
	Total	254					
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-0.6259	0.2003	-3.12	0.002			
d_esec.	-0.0004714	0.0002067	-2.28	0.023	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -145.322							
Test that all slopes are zero: G = 6.484, DF = 1, P-Value = 0.011							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square		DF	P			
Pearson	3.047		4	0.550			
Deviance	3.403		4	0.493			
Hosmer-Lemeshow	2.604		2	0.272			

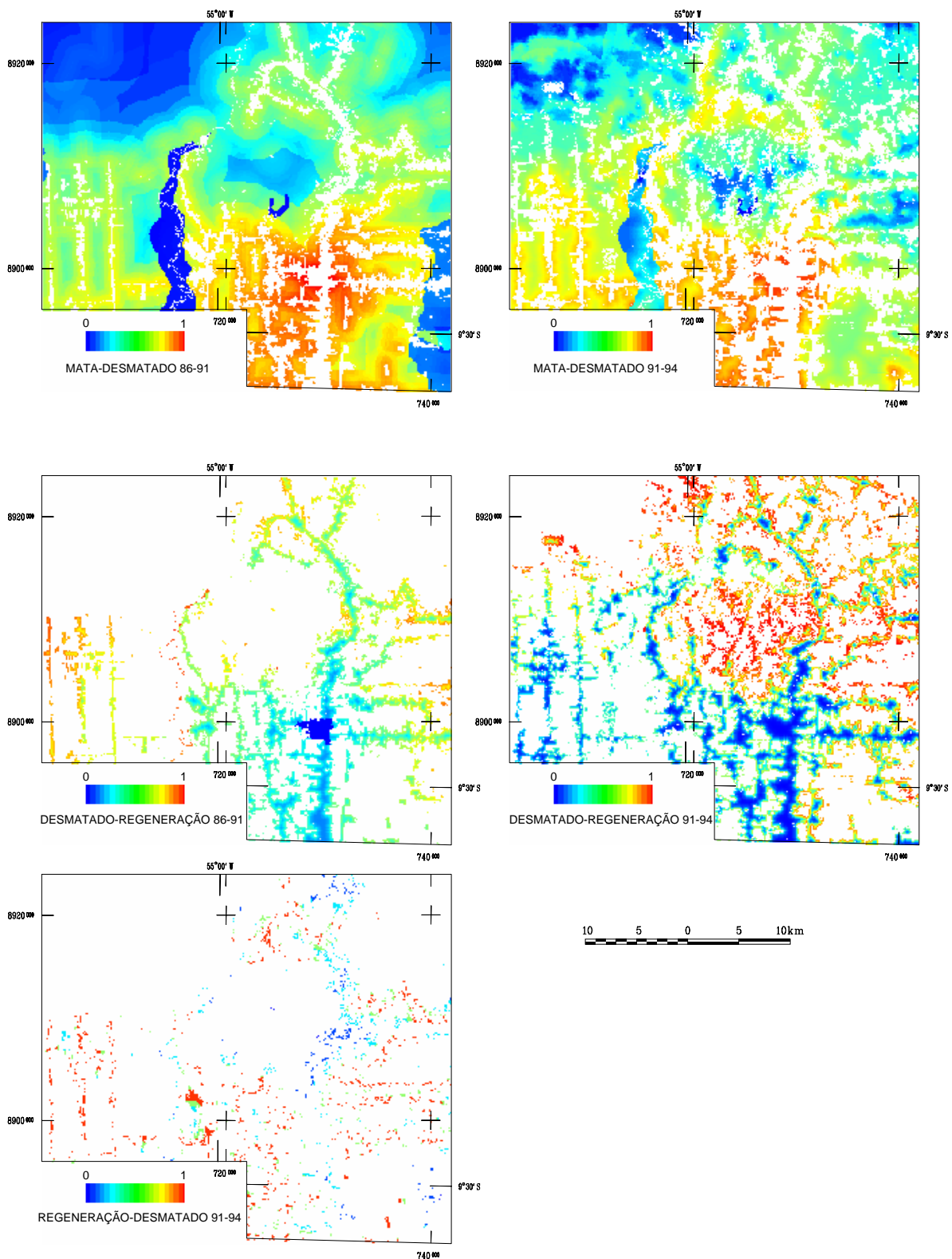


Fig. 4.10 - Mapas das probabilidades espaciais de transição obtidos pela regressão logística para a subárea de Guarantã



---

---

#### 4.4.2 OS MODELOS OBTIDOS PARA A SUBÁREA DE TERRA NOVA

Os cinco modelos anteriores foram novamente calculados, agora usando-se os dados da subárea de Terra Nova, (TABELAS 4.11 a 4.15).

Para essa região, os modelos Mata-Desmatado 86-91 e 91-94 incluem, respectivamente, as variáveis: 1) **vegetação, distância à estrada principal, distância às estradas secundárias, distância aos rios** e ao **desmatamento prévio** 2) **vegetação, solo, fator de atração urbana, distância à estrada principal, distância à estrada secundária, distância ao desmatamento prévio**. Neste caso, ambos os modelos são muito parecidos, destacando-se como principais variáveis os **tipos de vegetação, distância ao desmatamento prévio, distâncias às estradas secundárias e principal** e o **solo** – esta última variável somente para o modelo de 91-94. (Fig. 4.11 e TABELAS 4.11 e 4.13). Assim, eles mostram que as chances de desmatamento aumentam com a vegetação do tipo-2 e 3 em relação a do tipo-1, com a proximidade às estradas principais e secundárias e ao desmatamento prévio.

Quanto à transição Regeneração-Desmatamento, o modelo de 86-91 inclui as variáveis: **solo, fator atração urbana, distância à estrada principal, distância à mata** e **distância aos rios**, sendo que os solos de tipo-1 apresentam mais chances de ocorrência de áreas regeneradas, o fator de atração urbana e a distância à mata diminuem a chance de regeneração, ao contrário, a maior distância à estrada principal e aos rios aumentam as chances de regeneração. Já o modelo de 91-94 inclui: **vegetação, altitude, declividade, atração urbana** e **distâncias aos rios à regeneração e mata prévias** (TABELAS 4.12 e 4.14). Neste caso, as áreas desmatadas com maiores possibilidades de se regenerarem são as com vegetação tipo-2, com maiores altitudes e

declividades, mais afastadas do centros urbanos, próximas aos rios, às matas e regenerações prévias.

Novamente, um exame dos mapas de probabilidades nos dá a indicação que as variáveis mais importantes para ambos os modelos são **distância à mata**, tipos de **vegetação** ou de **solo**, **altitude** e **declividade** (Fig. 4.11).

Por sua vez, o modelo de transição das áreas regeneradas para os novos desmatamentos inclui as variáveis **altitude**, **distância aos rios** e **distância à mata prévia**. As variáveis mais importantes neste modelo são a **altitude**, a qual diminui a chance do redesmatamento e a **distância à mata**, esta última positivamente correlacionada às chances de redesmatamento (Fig. 4.11 e TABELA 4.15).

TABELA 4.11

TERRA NOVA: 1986-1991 Y = 0 | MATA → MATA; Y=1 | MATA → DESMATADO

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_la	1	1079					
	0	3943					
	Total	5022					
5022 cases were used							
27 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-1.9621	0.4040	-4.86	0.000		Lower	Upper
Vegetac.							
2	2.0793	0.3983	5.22	0.000	8.00	3.66	17.46
3	1.8462	0.3911	4.72	0.000	6.34	2.94	13.64
d_estpr.	-4.319E-05	0.00001013	-4.26	0.000	1.00	1.00	1.00
d_estsec.	-1.375E-04	0.00003445	-3.99	0.000	1.00	1.00	1.00
d_hidro	-7.505E-05	0.00006222	-1.21	0.228	1.00	1.00	1.00
d_desm86	-0.0014393	0.0001086	-13.25	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -2307.062							
Test that all slopes are zero: G = 611.952, DF = 6, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	3884.084	2292	0.000				
Deviance	2328.193	2292	0.294				
Hosmer-Lemeshow	125.690	8	0.000				

**TABELA 4.12**  
**TERRA NOVA:1986-1991 Y=0| DESMATADO→DESMATADO; Y=1|**  
**DESMATADO→REGENERAÇÃO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_lb	1	461					
	0	1555					
	Total	2016					
2016 cases were used							
2 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	4.080	1.563	2.61	0.009		Lower	Upper
solo							
2	-1.1200	0.6390	-1.75	0.080	0.33	0.09	1.14
3	-1.4590	0.6123	-2.38	0.017	0.23	0.07	0.77
grav.	-0.005997	0.002487	-2.41	0.016	0.99	0.99	1.00
d_estpr.	0.00006775	0.00001824	3.71	0.000	1.00	1.00	1.00
d_hidro	0.00027205	0.00008863	3.07	0.002	1.00	1.00	1.00
d_mata86	-0.0068267	0.0006642	-10.28	0.000	0.99	0.99	0.99
Log-Likelihood = -973.526							
Test that all slopes are zero: G = 220.813, DF = 6, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	2044.168	1743	0.000				
Deviance	1710.456	1743	0.707				
Hosmer-Lemeshow	41.059	8	0.000				

**TABELA 4.13**  
**TERRA NOVA: 1991-1994 Y = 0| MATA → MATA; Y=1| MATA → DESMATADO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_2a	1	770					
	0	3146					
	Total	3916					
3916 cases were used							
50 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	0.043	1.809	0.02	0.981		Lower	Upper
Vegetac.							
2	2.070	1.120	1.85	0.065	7.93	0.88	71.25
3	2.506	1.116	2.25	0.025	12.26	1.37	109.32
solo							
2	-0.7414	0.7259	-1.02	0.307	0.48	0.11	1.98
3	1.5237	0.6659	2.29	0.022	4.59	1.24	16.93
grav.	-0.006867	0.002605	-2.64	0.008	0.99	0.99	1.00
d_estpr.	-3.239E-05	0.00001141	-2.84	0.005	1.00	1.00	1.00
d_estsec.	-1.337E-04	0.00004467	-2.99	0.003	1.00	1.00	1.00
d_desm91	-0.0030694	0.0002347	-13.08	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -1644.659							
Test that all slopes are zero: G = 592.957, DF = 8, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	4675.007	3096	0.000				
Deviance	2524.419	3096	1.000				
Hosmer-Lemeshow	39.577	8	0.000				

**TABELA 4.14**  
**TERRA NOVA: 1991-1994 Y = 0| DESMATADO→DESMATADO; Y=1|**  
**DESMATADO→ REGENERAÇÃO**

Link Function: Logit								
Response Information								
Variable	Value	Count						
mud_2b	1	770						
	0	1840						
	Total	2610						
2610 cases were used								
30 cases contained missing values								
Logistic Regression Table								
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI		
Constant	0.0246	0.8852	0.03	0.978				
altitude	0.005513	0.001886	2.92	0.003	1.01	1.00	1.01	
decl.	0.06231	0.01942	3.21	0.001	1.06	1.02	1.11	
grav.	-7.500E-05	0.00003467	-2.16	0.031	1.00	1.00	1.00	
d_hidro	-2.757E-04	0.00008795	-3.13	0.002	1.00	1.00	1.00	
d_mata91	-0.0027138	0.0003472	-7.82	0.000	1.00	1.00	1.00	
d_reg91	-0.0004508	0.0001631	-2.76	0.006	1.00	1.00	1.00	
vegetac.								
2	0.3138	0.6732	0.47	0.641	1.37	0.37	5.12	
3	-0.3386	0.6695	-0.51	0.613	0.71	0.19	2.65	
Log-Likelihood = -1369.217								
Test that all slopes are zero: G = 427.939, DF = 9, P-Value = 0.000								
Goodness-of-Fit Tests								
Method	Chi-Square	DF	P					
Pearson	2848.470	2578	0.000					
Deviance	2720.752	2578	0.250					
Hosmer-Lemeshow	23.954	8	0.002					

**TABELA 4.15**  
**TERRA NOVA: 1991-1994 Y = 0| REGENERAÇÃO→ REGENERAÇÃO; Y=1|**  
**REGENERAÇÃO→ DESMATADO**

Link Function: Logit								
Response Information								
Variable	Value	Count						
mud_2c	1	164						
	0	297						
	Total	461						
Logistic Regression Table								
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI		
Constant	2.788	1.066	2.62	0.009				
altitude	-0.013038	0.003579	-3.64	0.000	0.99	0.98	0.99	
d_hidro	0.0003993	0.0001736	2.30	0.021	1.00	1.00	1.00	
d_mata91	0.0028577	0.0007429	3.85	0.000	1.00	1.00	1.00	
Log-Likelihood = -284.075								
Test that all slopes are zero: G = 32.011, DF = 3, P-Value = 0.000								
Goodness-of-Fit Tests								
Method	Chi-Square	DF	P					
Pearson	285.975	293	0.604					
Deviance	347.709	293	0.015					
Hosmer-Lemeshow	10.032	8	0.263					

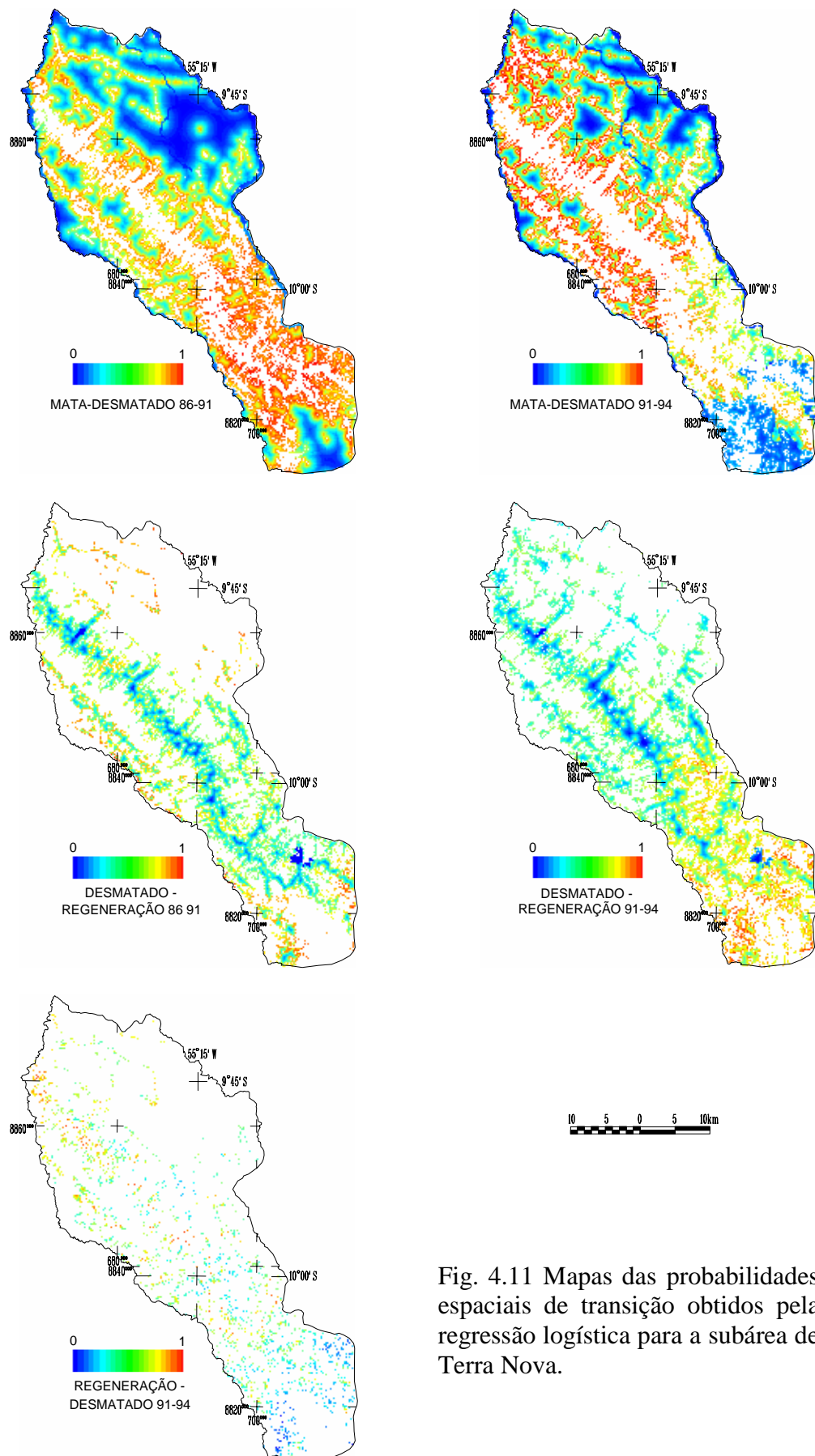


Fig. 4.11 Mapas das probabilidades espaciais de transição obtidos pela regressão logística para a subárea de Terra Nova.

---

---

#### 4.4.3 OS MODELOS OBTIDOS PARA A SUBÁREA DE MATUPÁ

Como esta última subárea apresenta um processo de ocupação diferente das duas primeiras, resultando inclusive num diferente modelo distribucional de mudanças e numa estrutura de paisagem dissimilar às primeiras, os dados da mesma foram também empregados para se construir os cinco tipos de modelos anteriores, sobretudo para fins de comparação, agora, de seus modelos espaciais de mudanças com os apresentados pelas primeiras subáreas (TABELAS 4.16 a 4.20).

Nesse sentido, pode-se observar à princípio algumas discrepâncias em relação aos modelos anteriores. Primeiro, o modelo 86-91 Mata-Desmatado inclui as variáveis **solo**, **distância à estrada principal**, **distância à estrada secundária** e **distância ao desmatamento**. Neste exemplo, o solo do tipo-2 mostra ser mais favorável ao desmatamento e as distâncias às estradas principais e secundárias influenciam negativamente esta transição, enquanto que a distância ao desmatamento prévio aumenta a chance de novo desmatamento. Esta última variável mostra um efeito contrário a todos os equivalentes modelos prévios. Isto pode ser explicado pelo fato que nessa região as grandes manchas de desmatamento se encontrarem mais isoladas. Já o modelo correspondente de 91-94 inclui as variáveis **altitude** - efeito negativo -, **fator de atração** - efeito positivo - e **distâncias às estradas principais, estradas secundárias e desmatamento prévios** - todas com efeito negativo. Para ambos os modelos as variáveis mais importantes são apenas as **distâncias às estradas secundárias e principais** e o **fator de atração urbana** – esta última no modelo 91-94.

Quanto à transição desmatado-regeneração, o modelo de 86-91 inclui as variáveis: **solo**, **altitude**, **declividade** - ambas estas últimas com efeito positivo, **distância à estrada principal** - efeito positivo e **distância à mata** - com efeito

negativo. Já o modelo de 91-94 inclui as variáveis: **fator de atração** - efeito negativo, **distância à estrada principal** - efeito negativo, **distância à estrada secundária** - efeito positivo e **distâncias aos rios, mata prévia e regeneração prévia** - todas com efeito negativo. Novamente pelo exame dos mapas, reconhece-se como variável principal apenas a distância à mata. (Fig. 4.12).

Por último, o modelo Regeneração-Desmatado 91-94 inclui as variáveis: **declividade, fator de atração urbana, distâncias à estrada principal, mata prévia e desmatamento prévio** - todas com efeito negativo. Contudo, pelo exame do mapa de probabilidades, não se pode inferir nenhuma variável de expressão. Em resultado, a diferença expressiva desse modelo para seus similares anteriores pode ser, em parte, explicada pelo uso intensivo de maquinário agrícola pesado - como no exemplo de tratores de esteira usados para a reciclagem de pastagens. Portanto, o desmatamento das áreas previamente em regeneração segue mais um plano de rotatividade de talhões do que um processo baseado em mecanismos ecológicos (Cf. Fig. 3.7).

TABELA 4.16  
MATUPÁ: 1986-1991 Y = 0| MATA → MATA; Y=1| MATA → DESMATADO

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_la	1	639					
	0	8454					
	Total	9093					
9093 cases were used							
57 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-0.0938	0.5464	-0.17	0.864		Lower	Upper
solo							
2	-1.8736	0.7031	-2.66	0.008	0.15	0.04	0.61
3	0.9844	0.5371	1.83	0.067	2.68	0.93	7.67
d_estpr.	-1.652E-04	0.00001161	-14.23	0.000	1.00	1.00	1.00
d_estsec	-1.278E-03	0.00007127	-17.94	0.000	1.00	1.00	1.00
d_desm86	0.00015200	0.00002363	6.43	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -1332.584							
Test that all slopes are zero: G = 1960.382, DF = 5, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	802579.960	1093	0.000				
Deviance	851.699	1093	1.000				
Hosmer-Lemeshow	1398.026	8	0.000				

TABELA 4.17  
 MATUPÁ:1986-1991 Y=0| DESMATADO→DESMATADO; Y=1|  
 DESMATADO→REGENERAÇÃO

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_lb	1	132					
	0	1097					
	Total	1229					
1229 cases were used							
3 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-5.731	2.207	-2.60	0.009			
solo							
2	-1.3373	0.9258	-1.44	0.149	0.26	0.04	1.61
3	-1.6721	0.7925	-2.11	0.035	0.19	0.04	0.89
altitude	0.019376	0.007970	2.43	0.015	1.02	1.00	1.04
decl.	0.17157	0.05829	2.94	0.003	1.19	1.06	1.33
d_estpr.	0.00007853	0.00002988	2.63	0.009	1.00	1.00	1.00
d_mata86	-0.0034665	0.0005022	-6.90	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -345.374							
Test that all slopes are zero: G = 147.563, DF = 6, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	799.945	463	0.000				
Deviance	353.426	463	1.000				
Hosmer-Lemeshow	13.117	8	0.108				

TABELA 4.18  
 MATUPÁ: 1991-1994 Y = 0| MATA → MATA; Y=1| MATA → DESMATADO

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_2a	1	258					
	0	8225					
	Total	8483					
8483 cases were used							
26 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-3.451	1.304	-2.65	0.008			
altitude	-0.005162	0.003091	-1.67	0.095	0.99	0.99	1.00
grav.	0.005813	0.001063	5.47	0.000	1.01	1.00	1.01
d_estpr.	-4.078E-05	0.00001073	-3.80	0.000	1.00	1.00	1.00
d_estsec.	-5.040E-04	0.00007052	-7.15	0.000	1.00	1.00	1.00
d_desm91	-1.503E-04	0.00005719	-2.63	0.009	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -859.818							
Test that all slopes are zero: G = 590.753, DF = 5, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	40444.434	7732	0.000				
Deviance	1674.227	7732	1.000				
Hosmer-Lemeshow	117.956	8	0.000				



**TABELA 4.19**  
**MATUPÁ: 1991-1994 Y = 0 | DESMATADO→DESMATADO; Y=1 | DESMATADO→**  
**REGENERAÇÃO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_2b	1	477					
	0	1258					
	Total	1735					
1735 cases were used							
5 cases contained missing values							
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	-0.0544	0.1810	-0.30	0.764		Lower	Upper
Grav.	-1.270E-04	0.00007886	-1.61	0.107	1.00	1.00	1.00
d_estpr.	-3.701E-05	0.00001684	-2.20	0.028	1.00	1.00	1.00
d_estsec.	0.00035987	0.00006684	5.38	0.000	1.00	1.00	1.00
d_hidro	-0.0003258	0.0001090	-2.99	0.003	1.00	1.00	1.00
d_mata91	-0.0006399	0.0001637	-3.91	0.000	1.00	1.00	1.00
d_reg91	-0.0006867	0.0001188	-5.78	0.000	1.00	1.00	1.00
Log-Likelihood = -942.609							
Test that all slopes are zero: G = 155.484, DF = 6, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	1706.605	1722	0.599				
Deviance	1876.901	1722	0.005				
Hosmer-Lemeshow	6.679	8	0.572				

**TABELA 4.20**  
**MATUPÁ: 1991-1994 Y = 0 | REGENERAÇÃO→REGENERAÇÃO; Y=1 |**  
**REGENERAÇÃO→DESMATADO**

Link Function: Logit							
Response Information							
Variable	Value	Count					
mud_2c	1	48					
	0	85					
	Total	133					
Logistic Regression Table							
Predictor	Coef	StDev	Z	P	Odds Ratio	95% CI	
Constant	4.790	1.617	2.96	0.003		Lower	Upper
decl.	-0.1795	0.1067	-1.68	0.093	0.84	0.68	1.03
grav.	-0.006481	0.002436	-2.66	0.008	0.99	0.99	1.00
d_estsec.	-0.0007876	0.0002835	-2.78	0.005	1.00	1.00	1.00
d_mata91	-0.0014261	0.0008140	-1.75	0.080	1.00	1.00	1.00
d_desm91	-0.03092	0.01532	-2.02	0.044	0.97	0.94	1.00
Log-Likelihood = -72.609							
Test that all slopes are zero: G = 28.728, DF = 5, P-Value = 0.000							
Goodness-of-Fit Tests							
Method	Chi-Square	DF	P				
Pearson	119.906	124	0.587				
Deviance	142.446	124	0.123				
Hosmer-Lemeshow	9.223	8	0.324				

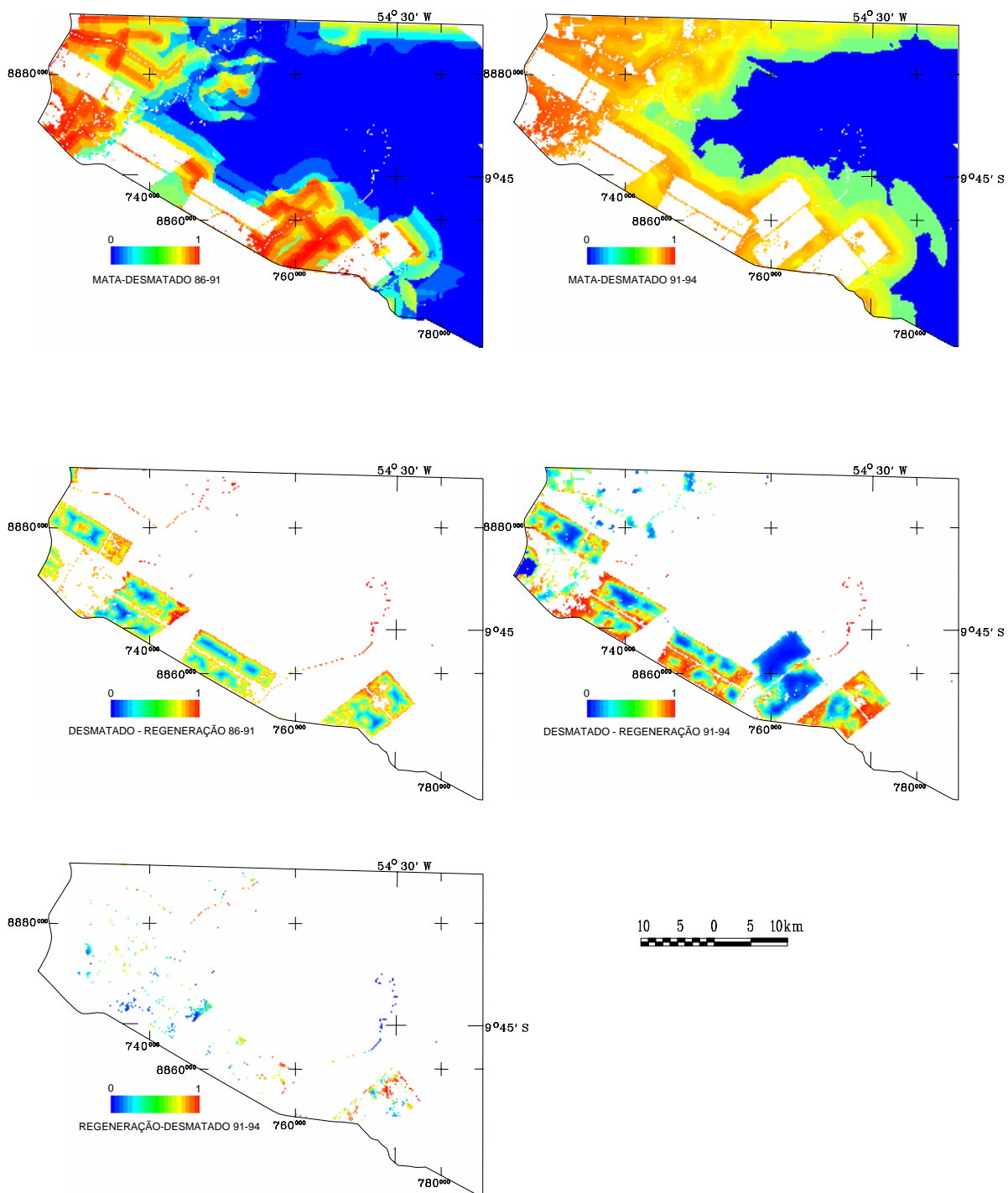


Fig. 4.12 - Mapas das probabilidades espaciais de transição obtidos pela regressão logística para a subárea de Matupá

---

---

#### 4.4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma primeira conclusão que advém dos resultados apresentados pelo método de regressão logística refere-se à sua dependência em relação aos dados. Ou seja, uma mudança no universo dos dados leva a inclusão ou exclusão de certas variáveis. Isto decorre também, muitas vezes, da heterogeneidade das áreas e a incompleta abrangência dos fenômenos de mudança por toda a paisagem analisada. Ou seja, como o desmatamento corresponde a um processo de difusão, determinada condição, por exemplo um tipo de cobertura vegetal, pode ainda não estar presente em um tempo  $t$ , só se disponibilizando à frente do desmatamento em um tempo  $t_{+n}$ . Por isso, os modelos de 91-94 tendem a ser mais completos devido ao maior avanço do desmatamento e, por conseguinte, maior amostragem de áreas com diversas configurações.

Uma outra questão que se reporta à utilização de técnicas de estatísticas convencionais em dados espaciais diz respeito aos inerentes problemas de autocorrelação. Segundo CLIFF; ORD (1973), poucos fenômenos são independentes espacialmente, sendo esta co-dependência areal conhecida como autocorrelação espacial. Suposições dos métodos paramétricos podem então ser violadas devido a esse quadro espacial, causando distorções nos coeficientes da equação preditiva e perda de confiabilidade dos teste de significância estatística (LOWELL, 1991).

Um método sugerido para se eliminar o efeito da autocorrelação nas técnicas de estatística paramétrica é sugerido por LOWELL (1991). Segundo esse autor, a solução passa pela elaboração de um teste *Joint-Count* sobre o mapa de resíduos obtidos da equação de predição, o qual é construído a partir da definição de polígonos em função da combinação das variáveis independentes. Sendo assim, cada polígono se faz representar por um padrão covariado. Polígonos acertados pelo modelo são então

---

---

contabilizados como preto e ao contrário passam a ser representados como branco. Os tipos de ligações entre polígonos contíguos (preto-preto, branco-branco, preto-branco) são então contabilizados e comparados com um valor esperado. Se o modelo apresentar efeito de autocorrelação positiva - agregação -, o caso mais comum, variáveis são excluídas e ele é novamente rodado e testado até que se elimine a sua redundância espacial.

Entretanto, não obstante a pertinência de utilização deste método, dificuldades práticas se contrapõem. Primeiro, a classificação e a identificação dos polígonos se tornam fortemente dependentes da categorização dos dados, quanto mais categorias maior será o número de polígonos obtidos<sup>4.7</sup>. Segundo, o ganho de aderência no modelo muita vezes pode se traduzir por uma perda de praticidade ou decréscimo do significado ecológico ou ambiental do mesmo. Terceiro, como os modelos são binários, eles, na verdade, se traduzem em mapas de probabilidades, ficando assim difícil e sem sentido se estabelecer uma regra para verificação de acerto ou erro dos mesmos<sup>4.8</sup>. Quarto, a redundância espacial, se presente, pode ser observada e eliminada da análise visual dos mapas de probabilidades<sup>4.9</sup>. Por último, pode-se dizer que, embora a regressão logística seja um método paramétrico, ela é considerada como uma técnica mais robusta, ou seja menos sujeita a flutuações nos seus testes de significância estatística.

Em resultado, reconhece-se que os modelos obtidos, por apresentarem qualidade de ajuste com significância estatística e serem ecologicamente sustentáveis, são úteis para explicar as mudanças de paisagem dessa região de fronteira de colonização, através do contexto espacial fornecido sobretudo pelos dados do sensoriamento remoto orbital,

---

<sup>4.7</sup> Se ocorrerem somente 5% de padrões covariados de um conjunto de 10 variáveis com dez categorias, isto resultará em pelo menos um total de 500 milhões de polígonos:  $N=0,05*10^{10}$ .

<sup>4.8</sup> Pois, devem ser consideradas as quantidades de transição obtidas do modelo distribucional (eq. 32).

<sup>4.9</sup> De certa forma, isto foi feito por este trabalho.

servindo assim não só para selecionar as variáveis com maior poder explicativo, mas também para quantificar os seus efeitos nas transições analisadas. Nesse sentido, a TABELA 4.21 resume quais são essas variáveis e seus efeitos em relação às três transições modeladas.

Deve-se ressaltar ainda, que apesar dos modelos diferirem entre os dois períodos analisados, são marcantes as suas semelhanças no tocante às duas subáreas características da ocupação por pequenos colonos. Portanto, novamente é a subárea de Matupá que mais se diferencia, agora no que tange à generalização dos **modelos espaciais de mudanças**. Por fim, pode-se dizer que, muito embora tenha-se tentado incluir o efeito da variável *tempo de desmatamento* nos modelos de transição *Desmatado-Regeneração* para o período de 91-94 - lembrando a dependência do abandono dos sítios em função do tempo prévio de utilização (UHL et al. 1988a) -, esta não chegou a ser significativa, talvez devido aos dois únicos intervalos disponíveis<sup>4.10</sup>.

TABELA 4.21  
PRINCIPAIS VARIÁVEIS E SEUS EFEITOS NOS TRÊS TIPOS DE TRANSIÇÃO\*

TIPOS DE TRANSIÇÃO								
Mata-Desmatado			Desmatado-Regeneração			Regeneração-Desmatado		
Guarantã	Terra Nova	Matupá	Guarantã	Terra Nova	Matupá	Guarantã	Terra Nova	Matupá
D desmat	D desmat		D mata	D mata	D mata	D estsec.	<b>D_mata</b>	
Veget 1	Veget 1		F.atração	<b>Altitude</b>			<b>Altitude</b>	
D estsec.	D estsec.	D estsec.	<b>Declivid.</b>	<b>Declivid.</b>				
<b>Altitude</b>	D estpr.	D estpr.	<b>Solo_t1</b>	<b>Solo_t1</b>				
<b>F.atração</b>	<b>Solo_t3</b>	<b>F.atração</b>	<b>Altitude</b>					

\*

Efeito negativo 

D_estpr.
----------

  
Efeito positivo 

Solo_t3
---------

Portanto, da análise da tabela acima, conclui-se que um modelo espacial de mudanças, dentro do contexto da ocupação por pequenos colonos - subáreas de Guarantã e Terra Nova, possuirá um processo de desmatamento que será fortemente

<sup>4.10</sup> Neste caso, foram utilizados os tempos médios de desmatamento calculados em relação ao ano de 1994, a saber: 80-86  $\rightarrow t_{\text{médio}} = 11$  anos, 86-91  $\rightarrow t_{\text{médio}} = 5,5$  anos.

influenciado pelas distâncias às áreas previamente desmatadas, à estrutura viária e pela atração aos centros regionais. Ainda, as regiões selecionadas tenderão a ocupar os locais de menor altitude e mais planos, a não ser pelas regiões alagáveis onde se encontram as matas aluvionares. A partir do evento do desmatamento, as áreas em regeneração tenderão aparecer em porções próximas às matas - vide o efeito das manchas proximais de matas como fonte de sementes -, de maior altitude e declividade, e que se encontrem mais longe das frentes das estradas vicinais. Observações de campo também corroboram com este modelo, indicando que os colonos tendem em geral a cuidar mais das áreas próximas às suas casas, enquanto abandonam as áreas mais distais. Observa-se também que muitas vezes, no afã de se demarcar a terra, áreas são indiscriminadamente desmatadas. No entanto, muitas dessas áreas não terão condição de serem mantidas, pois são praticamente improdutivas, conseqüentemente essas terão mais chances de retornar ao processo de sucessão vegetal.

#### **4.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO**

De todos os resultados apresentados por este capítulo, se conclui que existe uma substancial diferença no tocante à dinâmica de paisagem entre a subárea de Matupá para as duas primeiras subáreas, características da ocupação por pequenos colonos. Isso foi demonstrado tanto em relação ao modelo distribucional de mudança, pela evolução da estrutura da paisagem e até mesmo quanto aos modelos espaciais derivados da regressão logística. Em conseqüência, um projeto de modelagem de simulação de paisagem deverá se concentrar em apenas um desses tipos de ocupação e uso do solo, posto que para cada tipo são requeridas abordagens distintas. Por conseguinte, a engenharia de simulação a ser desenvolvida no próximo capítulo será dedicada somente às subáreas de Guarantã e Terra Nova.

---

Ainda, como resultado dessa conclusão, pode-se afirmar que a metodologia desenvolvida para o mapeamento e análise da dinâmica de paisagem se mostrou útil para a caracterização dos diferentes processos de ocupação que ocorrem nessa fronteira amazônica. Nesse sentido, foi demonstrado também a aplicabilidade dos índices de estrutura de paisagem, obtidos das imagens de satélite, para descrever as diferentes geometrias de desmatamento.

Enfim, foi dado neste capítulo um importante passo para a solução das proposições formuladas por esta tese, pois foi respondido de modo afirmativo que, as variáveis espaciais identificadas nos produtos do sensoriamento remoto orbital, em conjunto com outros dados ancilares, podem, de fato, indicar como e onde estão ocorrendo as mudanças na paisagem. Nesta perspectiva, os mapas obtidos da regressão logística se tornam um importante instrumento para indicar os padrões das áreas sensíveis aos tipos de mudanças. Por conseguinte, este resultado representa uma relevante contribuição metodológica à arte de modelagem de dinâmica de paisagem, sendo inédita a abordagem desenvolvida por este trabalho para o cálculo das probabilidades espaciais de transição. Como mostrado anteriormente, uma importante parte da parametrização e discretização dos modelos de simulação em subunidades de áreas.

Finalmente, deve-se ressaltar que os modelos espaciais obtidos, embora quantitativos, são meramente descritivos, porquanto são estáticos em relação aos períodos analisados. No entanto, serão esses relacionamentos extraídos do mesocosmo do sensoriamento remoto, em conjunto com os dados revistos pelo Capítulo II, que substanciarão a construção do modelo de simulação de paisagem, assunto a ser tratado pelo próximo capítulo desta tese.