



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



MÉTRICAS DE PAISAGEM APLICADAS À ANÁLISE DA URBANIZAÇÃO DISPERSA NO VALE DO PARAÍBA

David Guimarães Monteiro França

Trabalho Final de Monografia para
Disciplina SER-300 Introdução ao
Geoprocessamento presente na Pós-
Graduação em Sensoriamento Remoto,
Orientado pela Dr^a. Cláudia Maria de
Almeida.

davidgmf@dsr.inpe.br

INPE
São José dos Campos
2014

RESUMO

O presente trabalho visa a aplicação de métricas de paisagem e técnicas de geoprocessamento para identificar o comportamento do fenômeno de crescimento disperso do tecido urbano na região do Vale do Paraíba. Através do estudo de quadro décadas distintas, será feita uma análise ao longo do tempo para estimar o crescimento e as formas de interação entre os núcleos dispersos e núcleos principais identificados na malha urbana. Como resultado, almeja-se demonstrar numericamente que a dispersão no vale tende a crescer ao longo das décadas seguindo uma relação direta da distância dos núcleos dispersos e núcleos principais em relação à malha rodoviária do Vale do Paraíba.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 – Métricas do Fragstats: NP.....	6
Figura 2 – Métricas do Fragstats: AREA.....	6
Figura 3 – Métricas do Fragstats: COHESION	6
Figura 4 – Métricas do Fragstats: FRAC	6
Figura 5 – Métricas do Fragstats: PAFRAC.....	7
Figura 6 – Métricas do Fragstats: GYRATE.....	7
Figura 7 – Modelo OMT-Geo	9
Figura 8 – P.I. vetorial de representação de rodovias no Vale do Paraíba: 1970 - 2000	10
Figura 9 – P.I. Temático Rasterizado, NPs e NDs no Vale do Paraíba: 1970 - 2000	10
Figura 10 – MNT: Grades de distância a rodovia: 1970 - 2000	11
Figura 11 – Fatiamentos de PI Temáticos por faixas de distância.....	12
Figura 12 – Cruzamento de PI. Consulta Dispersão + Fat.Rodovias Vale: 1970 - 2000..	13
Figura 13 – Algoritmo LEGAL de Tabulação cruzada: 1970 e 1980.	14
Figura 14 – Algoritmo LEGAL de Tabulação cruzada: 1980 e 1991.	14
Figura 15 – Algoritmo LEGAL de Tabulação cruzada: 1991 e 2000.	14
Figura 16 – Resultado da Tabulação Cruzada por Análise LEGAL: 1970 e 1980.	15
Figura 17 – Resultado da Tabulação Cruzada por Análise LEGAL: 1980 e 1991.	16
Figura 18 – Resultado da Tabulação Cruzada por Análise LEGAL: 1991 e 2000.	18
Figura 19 – Quantidade de Núcleos Dispersos por Faixas de Distância.....	19
Figura 20 – Análise da complexidade dos Núcleos Dispersos e Núcleos Principais.....	20

SUMÁRIO

		<u>Pág.</u>
1	INTRODUÇÃO	4
2	OBJETIVOS PROPOSTOS	5
3	MATERIAIS E MÉTODOS	5
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÕES.....	21
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 INTRODUÇÃO

Burchell e Shad (1998; 1999) definem a dispersão como intrusão de baixa densidade de residências e outros usos não-residenciais na zona rural e áreas não desenvolvidas, constituindo-se em uma modalidade de consumo da terra de forma espraiada.

Santos et al (2006) afirmam que o fenômeno da dispersão urbana reporta-se a duas escalas espaciais, isto é, dois âmbitos distintos, porém, inter-relacionados entre si. A primeira diz respeito às áreas metropolitanas, que demonstram uma crescente dispersão de núcleos ou polos, entremeados de vazios, com redução de densidades de ocupação, no todo ou em partes importantes, formando o que a literatura chama de nebulosa urbana. A segunda refere-se ao tecido urbano, ou seja, a escala na qual se definem as relações físicas e jurídicas entre o público e o privado do espaço urbano, sua produção material, bem como sua apropriação, uso e transformação.

Nesta segunda escala, a dispersão se evidencia pelo esgarçamento crescente do tecido dos principais núcleos urbanos, em suas áreas periféricas, bem como pela formação de constelação ou nebulosas de núcleos urbanos e bairros isolados em meio ao campo, de diferentes dimensões, integrados em uma área metropolitana ou em um conjunto ou sistema de áreas metropolitanas (Reis, 2006).

No Vale do Paraíba, segundo Santos et al. (2006) a dispersão urbana teve início com a construção da via Dutra e com a vinda das indústrias que saíram da periferia de Região Metropolitana de São Paulo em direção ao interior, concentrando-se em seus dois maiores centros São José dos Campos e Taubaté, instalando-se principalmente ao longo desta rodovia. Particularmente em São José, este processo de dispersão foi intensificado pela formação do Parque Aeronáutico, com a criação do CTA (Centro Tecnológico Aeroespacial) no final da década de 50, do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) em 1971, e a posterior criação da EMBRAER em 1970 (op cit.). Segundo Reis (2006), esses projetos incluíam a transferência de quadros profissionais altamente

selecionados, formados em São Paulo, em outras capitais ou mesmo no exterior, com hábitos tipicamente metropolitanos, que de início causavam algum impacto nessas localidades, contrastando com os padrões tradicionais de vida ali existentes.

2 OBJETIVOS PROPOSTOS

O presente trabalho visa aplicar métricas de paisagem e técnicas de geoprocessamento para identificar o comportamento do fenômeno de crescimento disperso do tecido urbano na região do Vale do Paraíba.

Através do estudo de quadro décadas distintas, será feita uma análise ao longo do tempo para estimar o crescimento e as formas de interação entre os núcleos dispersos e núcleos principais identificados na malha urbana. Como resultado, almeja-se demonstrar numericamente que a dispersão no vale tende a crescer ao longo das décadas seguindo uma relação direta da distância dos núcleos dispersos e núcleos principais em relação à malha rodoviária do Vale do Paraíba.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

De forma a reproduzir o método utilizado por Santos et al., (2005) as mesmas ferramentas foram utilizadas no projeto, sendo estas o *software* de geoprocessamento Spring e o *software* para análises estatísticas e métricas de paisagem Fragstats, em suas versões 5.2.6 e 4.2 respectivamente, em contrapartida ao projeto citado na literatura que fez uso da versão 4.3.3 do Spring.

De forma a melhor compreender as métricas de paisagem aplicadas na literatura e a forma como as mesmas eram calculadas pelo Fragstats, o manual do mesmo fora consultado para que fossem extraídos os algoritmos utilizados por ele. Através desta consulta no manual, são então extraídas figuras que

representam as álgebras utilizadas pelos algoritmos do Fragstats, que foram também aplicadas nos planos de informação gerados neste trabalho.

Figura 1 – Métricas do Fragstats: NP

(C8) Number of Patches	
$NP = n_i$	$n_i =$ number of patches in the landscape of patch type (class) i.

Número de Manchas: (NP - Number of Patches) – Esta é uma medida simples da intensidade da subdivisão ou fragmentação de um determinado tipo de mancha;

Figura 2 – Métricas do Fragstats: AREA

(P1) Area	
$AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	$a_{ij} =$ area (m ²) of patch ij.

Área da Mancha: (AREA – Patch Area) – Métrica utilizada para mensurar a área total em hectares de uma mancha de determinada classe;

Figura 3 – Métricas do Fragstats: COHESION

(C7) Patch Cohesion Index	
$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}^*}{\sum_{j=1}^n P_{ij}^* \sqrt{a_{ij}^*}} \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1} \cdot (100)$	$P_{ij}^* =$ perimeter of patch ij in terms of number of cell surfaces. $a_{ij}^* =$ area of patch ij in terms of number of cells. $Z =$ total number of cells in the landscape.

Índice de Coesão da Mancha: (COHESION – Patch Cohesion Index) – Utilizado para mensurar a conectividade das manchas de uma determinada classe. Este índice é insensível a configuração da mancha e aumenta conforme as manchas se tornam mais agrupadas;

Figura 4 – Métricas do Fragstats: FRAC

(P3) Fractal Dimension Index	
$FRAC = \frac{2 \ln (.25 P_{ij})}{\ln a_{ij}}$	$P_{ij} =$ perimeter (m) of patch ij. $a_{ij} =$ area (m ²) of patch ij.

Índice de Dimensão Fractal: (FRAC – Fractal Dimension Index) – Este índice averigua a razão de uma fração quarta do perímetro pela área da uma mancha de uma determinada classe;

Figura 5 – Métricas do Fragstats: PAFRAC

(C1) Perimeter-Area Fractal Dimension	
$PAFRAC = \frac{\left[n_i \sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} \cdot \ln a_{ij}) \right] - \left[\left(\sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \right) \left(\sum_{j=1}^n \ln a_{ij} \right) \right]}{\left(n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2 \right) - \left(\sum_{j=1}^n \ln p_{ij} \right)^2}$	a_{ij} = area (m ²) of patch ij. p_{ij} = perimeter (m) of patch ij. n_i = number of patches in the landscape of patch type (class) i.

Índice de Dimensão Fractal por Área e Perímetro: (PAFRAC – Perimeter Area Fractal Dimension Index) – Este índice segue o mesmo modelo de implementação da métrica FRAC, mas com o diferencial de incluir todas as manchas de todas as classes definidas na paisagem;

Figura 6 – Métricas do Fragstats: GYRATE

(P3) Radius of Gyration	
$GYRATE = \sum_{r=1}^z \frac{h_{ijr}}{z}$	h_{ijr} = distance (m) between cell ijr [located within patch ij] and the centroid of patch ij (the average location), based on cell center-to-cell center distance. z = number of cells in patch ij.

Raio de Rotação: (GYRATE) – Este índice é uma medida da extensão da mancha, e é, portanto afetado tanto pelo tamanho como pela capacidade da mesma. Ele equivale à distância média entre cada célula da mancha e o centóide (centro de massa) da mancha, sendo expresso pela Figura 6 conforme extraído do manual do programa Fragstats.

Para análise das métricas de paisagem por meio dos algoritmos do Fragstats, é necessário que os dados a serem analisados estejam em formato de matriz, por conta disso, os planos de informação importados do projeto temático de Pereira et al (2005) e que representavam os núcleos principais, núcleos de dispersão e suas respectivas classes passaram por um processo de rasterização (Conforme se observa na Figura 9) para as quatro décadas: 1970,

1980, 1991 e 2000. Seu formato anterior, quando ainda no Spring 4.3.3 era o de Pl's temáticos de shapes vetoriais com representações de classes e linhas.

Figura 7 – Modelo OMT-Geo

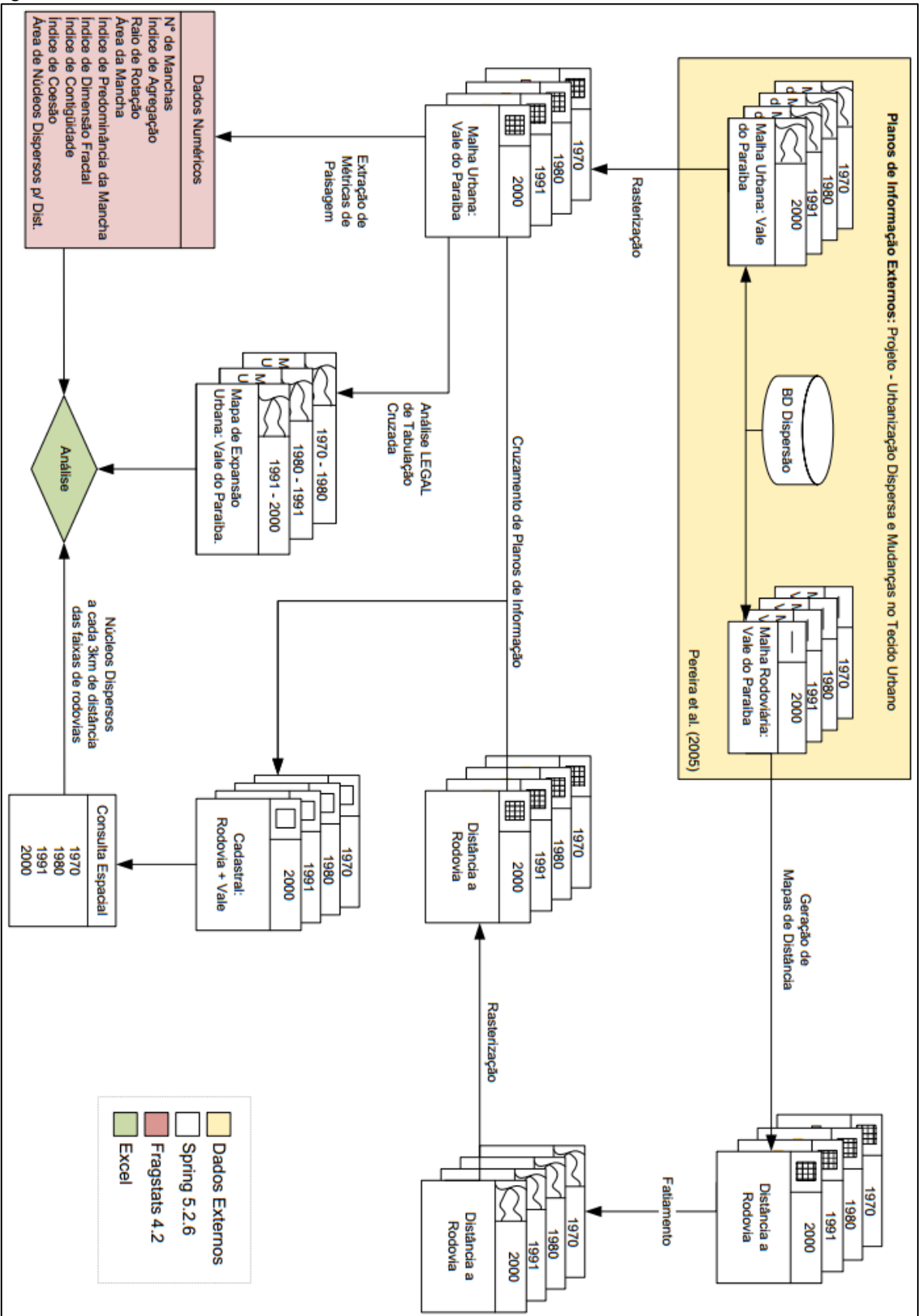


Figura 8 – P.I. vetorial de representação de rodovias no Vale do Paraíba: 1970 - 2000

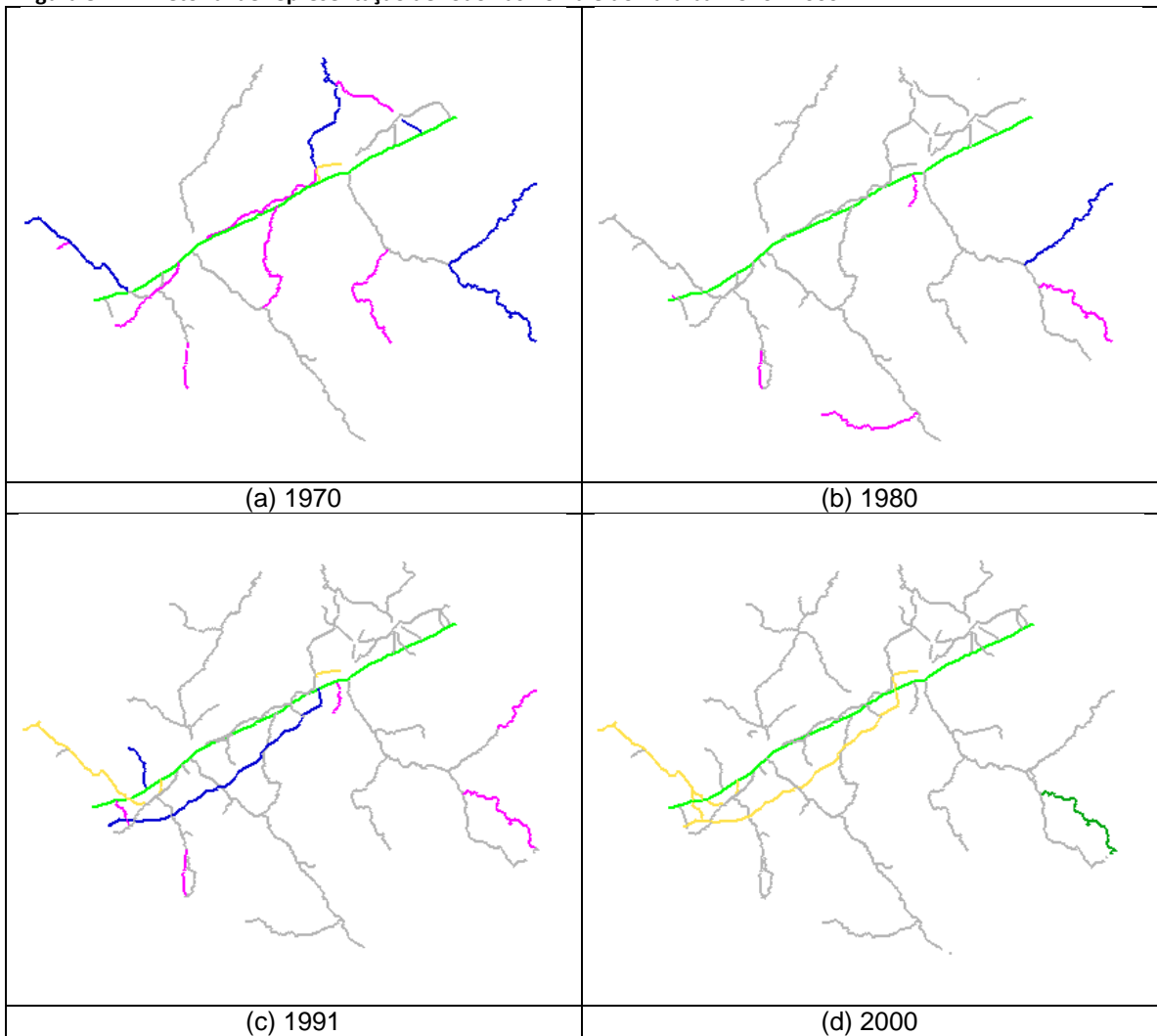
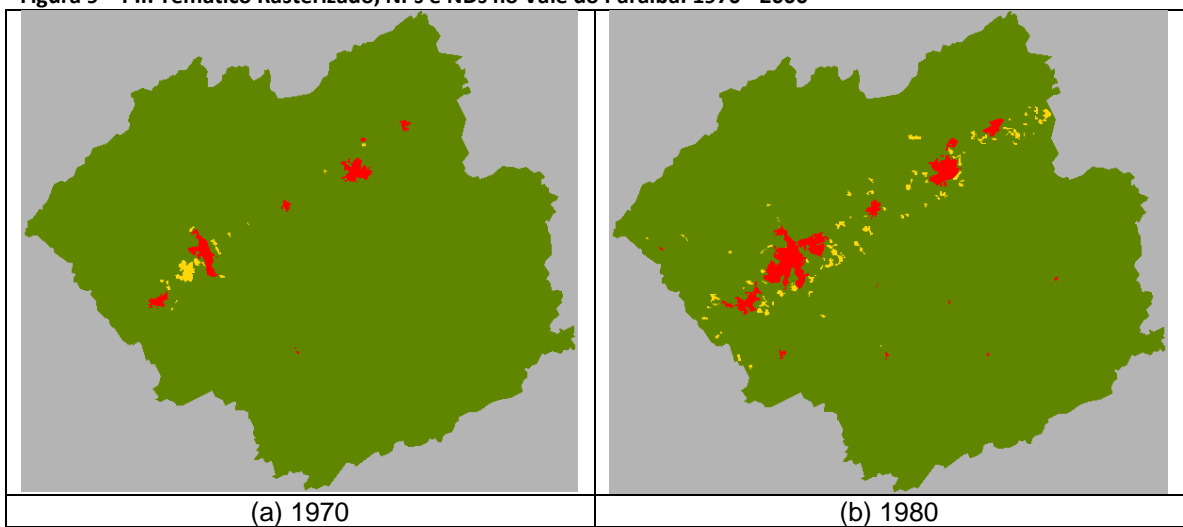


Figura 9 – P.I. Temático Rasterizado, NPs e NDs no Vale do Paraíba: 1970 - 2000



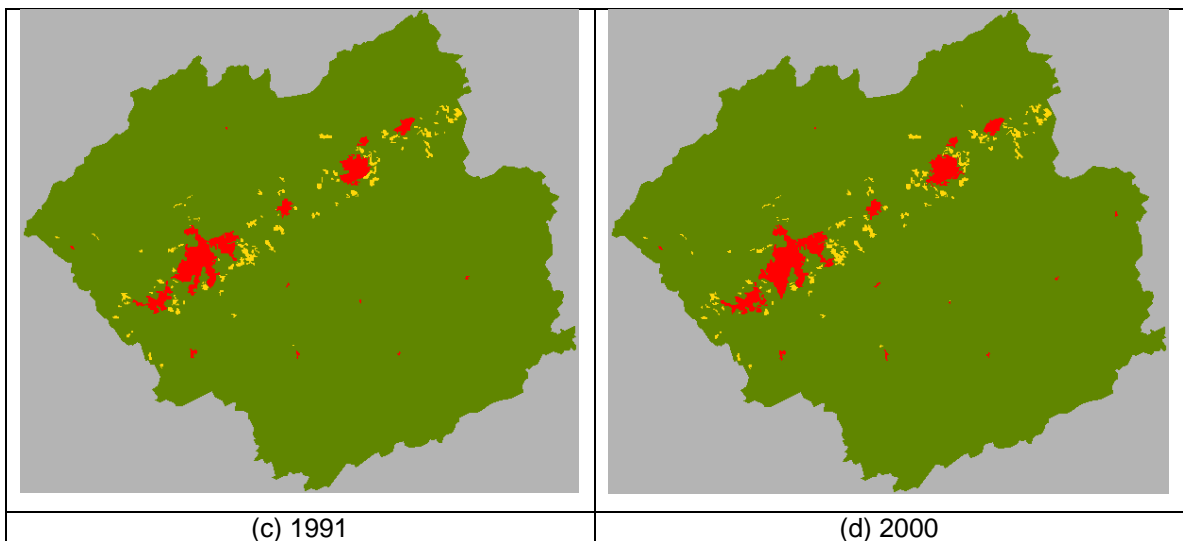


Figura 10 – MNT: Grades de distância a rodovia: 1970 - 2000

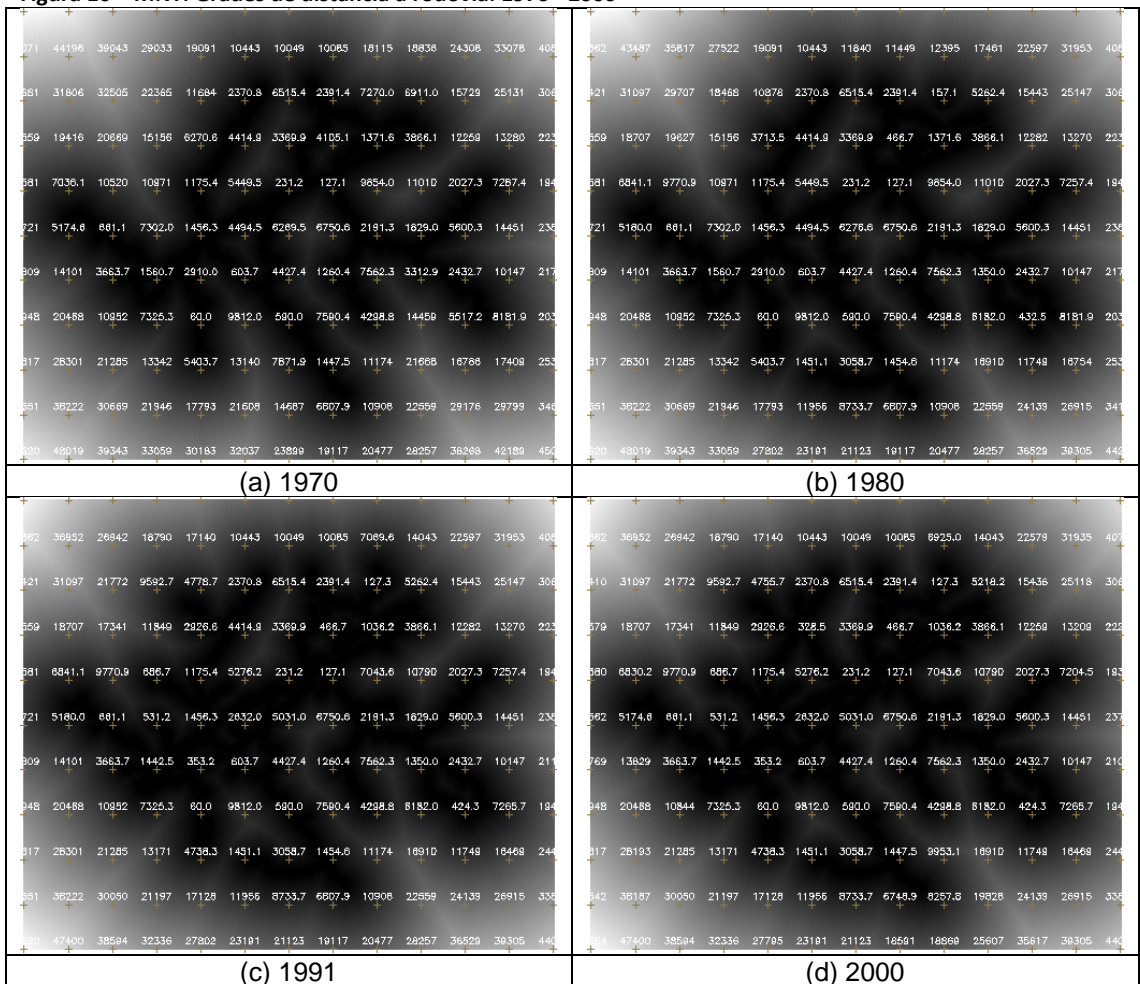


Figura 11 – Fatiamentos de PI Temáticos por faixas de distância

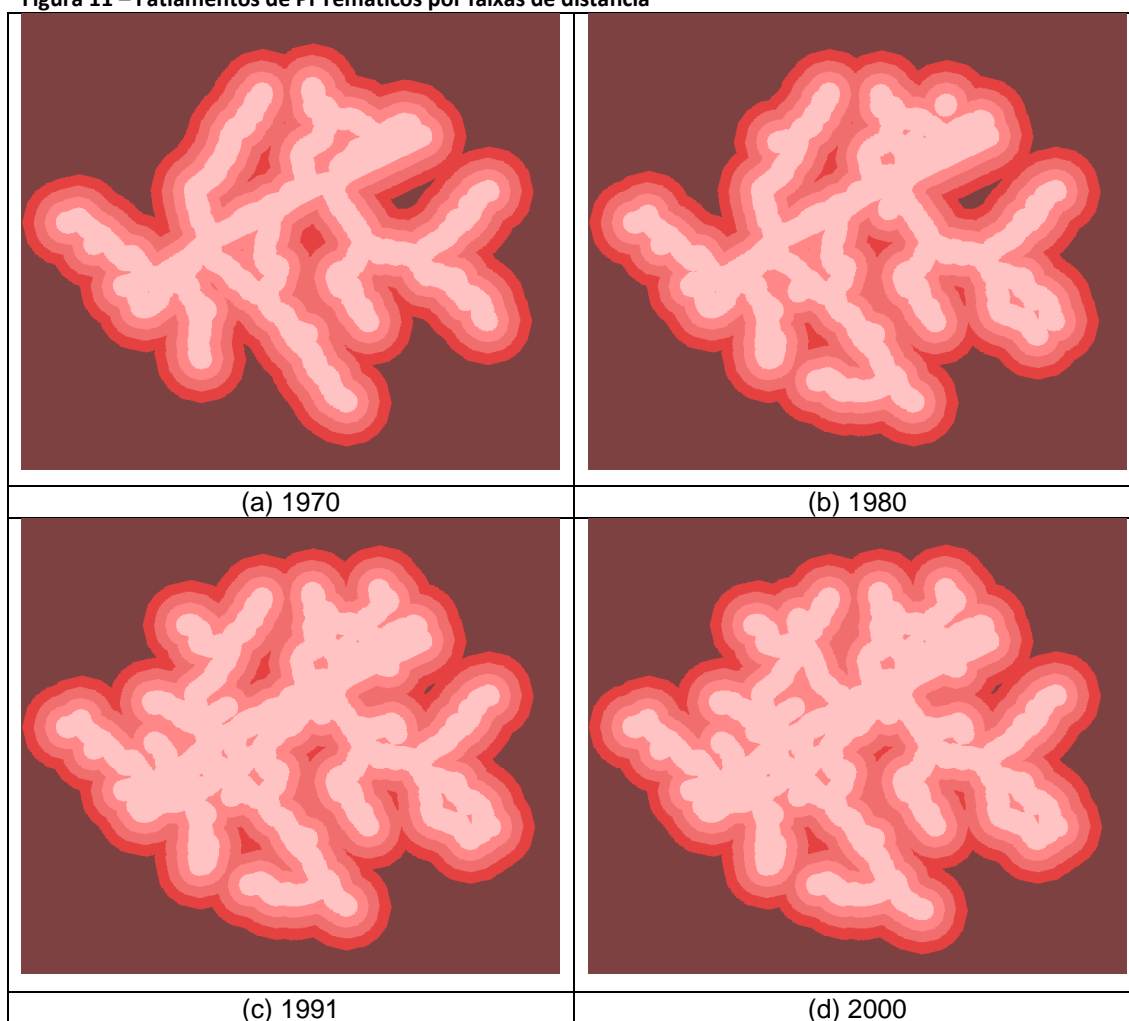


Figura 12 – Cruzamento de PI. Consulta Dispersão + Fat.Rodovias Vale: 1970 - 2000

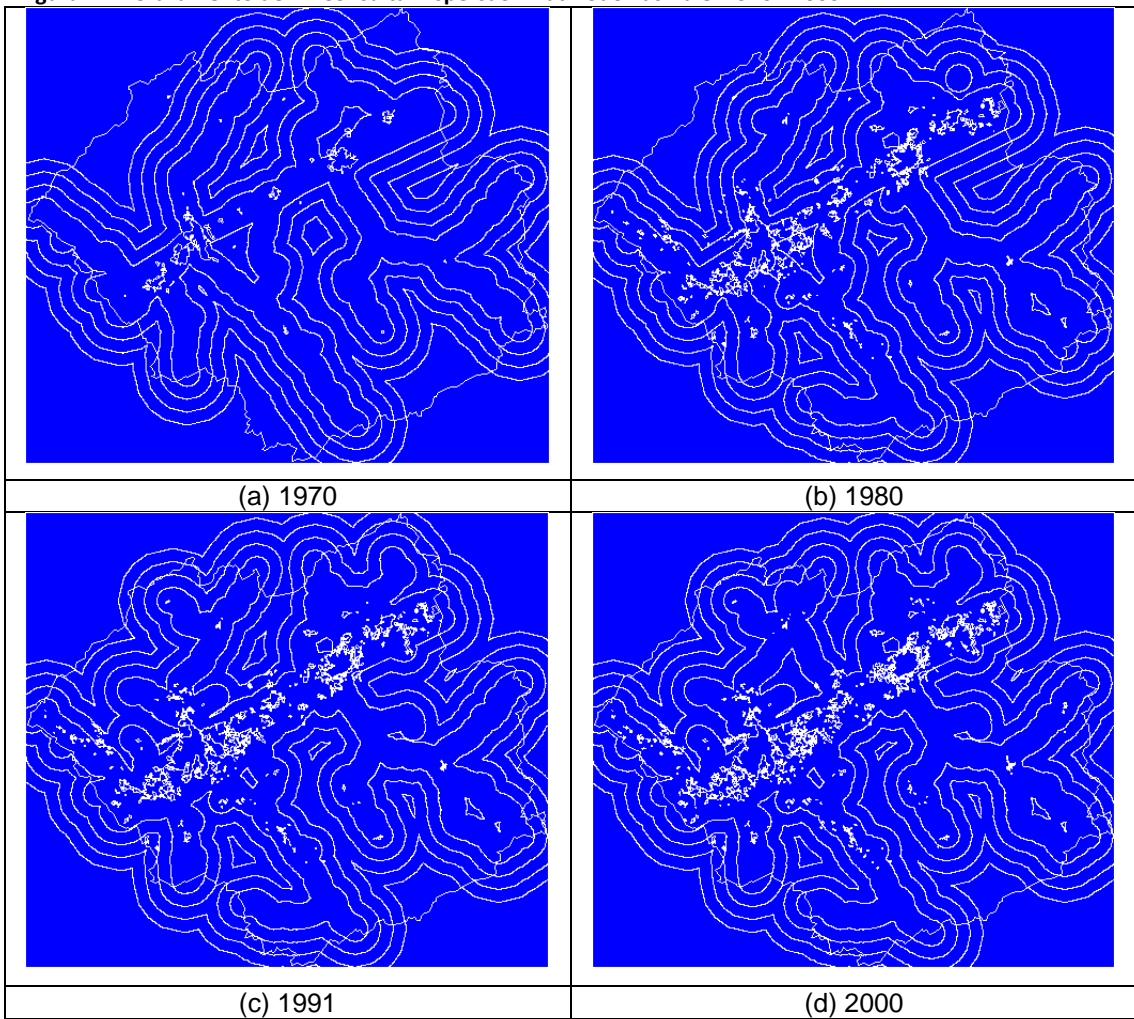


Figura 13 – Algoritmo LEGAL de Tabulação cruzada: 1970 e 1980.

```

1 {
2 //DECLARACAO TABCRUZ
3 Tematico vale70, vale80, result ("DispersãoFrac");
4
5 //INSTANCIACAO
6 vale70 = Recuperar (Nome = "1970_Vale");
7 vale80 = Recuperar (Nome = "1980_Vale");
8 result = Novo (Nome = "tab_cruz_dispersao_70_80", ResX = 30, ResY = 30, Escala = 20000);
9
10 //OPERACAO
11 result = Atribua (CategoriaFim = "DispersãoFrac")
12 {
13 "bg_bg" : (vale70.Classe == "back" && vale80.Classe == "back"),//1 - 0;0
14 "nu_nu" : (vale70.Classe == "nourban" && vale80.Classe == "back"),//2 - 1;0 E
15 "bg_bg" : (vale70.Classe == "back" && vale80.Classe == "nourban"),//3 - 0;1 E
16 "nu_nu" : (vale70.Classe == "nourban" && vale80.Classe == "nourban"),//4 - 1;1
17 "np_np" : (vale70.Classe == "1970NP" && vale80.Classe == "nourban"),//5 - 2;1 E
18 "nd_nd" : (vale70.Classe == "1970ND" && vale80.Classe == "nourban"),//6 - 3;1 E
19 "nu_np" : (vale70.Classe == "nourban" && vale80.Classe == "1980NP"),//7 - 1;2
20 "np_np" : (vale70.Classe == "1970NP" && vale80.Classe == "1980NP"),//8 - 2;2
21 "nd_np" : (vale70.Classe == "1970ND" && vale80.Classe == "1980NP"),//9 - 3;2
22 "bg_bg" : (vale70.Classe == "back" && vale80.Classe == "1980ND"),//10 - 0;3 E
23 "nu_nd" : (vale70.Classe == "nourban" && vale80.Classe == "1980ND"),//11 - 1;3
24 "np_np" : (vale70.Classe == "1970NP" && vale80.Classe == "1980ND"),//12 - 2;3 E
25 "nd_nd" : (vale70.Classe == "1970ND" && vale80.Classe == "1980ND");//13 - 3;3
26 }

```

Figura 14 – Algoritmo LEGAL de Tabulação cruzada: 1980 e 1991.

```

1 {
2 //DECLARACAO TABCRUZ
3 Tematico vale80, vale91, result ("DispersãoFrac");
4
5 //INSTANCIACAO
6 vale80 = Recuperar (Nome = "1980_Vale");
7 vale91 = Recuperar (Nome = "1991_Vale");
8 result = Novo (Nome = "tab_cruz_dispersao_80_91", ResX = 30, ResY = 30, Escala = 20000);
9
10 //OPERACAO
11 result = Atribua (CategoriaFim = "DispersãoFrac")
12 {
13 "bg_bg" : (vale80.Classe == "back" && vale91.Classe == "back"),//1 - 0;0
14 "nu_nu" : (vale80.Classe == "nourban" && vale91.Classe == "nourban"),//2 - 1;1
15 "np_np" : (vale80.Classe == "1980NP" && vale91.Classe == "nourban"),//3 - 2;1 E
16 "nd_nd" : (vale80.Classe == "1980ND" && vale91.Classe == "nourban"),//4 - 3;1 E
17 "nu_np" : (vale80.Classe == "nourban" && vale91.Classe == "1991NP"),//5 - 1;2
18 "np_np" : (vale80.Classe == "1980NP" && vale91.Classe == "1991NP"),//6 - 2;2
19 "nd_np" : (vale80.Classe == "1980ND" && vale91.Classe == "1991NP"),//7 - 3;2
20 "nu_nd" : (vale80.Classe == "nourban" && vale91.Classe == "1991ND"),//8 - 1;3
21 "np_np" : (vale80.Classe == "1980NP" && vale91.Classe == "1991ND"),//9 - 2;3 E
22 "nd_nd" : (vale80.Classe == "1980ND" && vale91.Classe == "1991ND");//10 - 3;3
23 }

```

Figura 15 – Algoritmo LEGAL de Tabulação cruzada: 1991 e 2000.

```

1  {
2  //DECLARACAO TABCRUZ
3  Tematico vale91, vale00, result ("DispersãoFrac");
4
5  //INSTANCIACAO
6  vale91 = Recuperar (Nome = "1991_Vale");
7  vale00 = Recuperar (Nome = "2000_Vale");
8  result = Novo (Nome = "tab_cruz_dispersao_91_00", ResX = 30, ResY = 30, Escala = 20000);
9
10 //OPERACAO
11 result = Atribua (CategoriaFim = "DispersãoFrac")
12 {
13 "bg_bg" : (vale91.Classe == "back" && vale00.Classe == "back"),//1 - 0;0
14 "nu_nu" : (vale91.Classe == "nourban" && vale00.Classe == "nourban"),//2 - 1;1
15 "np_np" : (vale91.Classe == "1991NP" && vale00.Classe == "nourban"),//3 - 2;1 E
16 "nd_nd" : (vale91.Classe == "1991ND" && vale00.Classe == "nourban"),//4 - 3;1 E
17 "nu_np" : (vale91.Classe == "nourban" && vale00.Classe == "2000NP"),//5 - 1;2
18 "np_np" : (vale91.Classe == "1991NP" && vale00.Classe == "2000NP"),//6 - 2;2
19 "nd_np" : (vale91.Classe == "1991ND" && vale00.Classe == "2000NP"),//7 - 3;2
20 "nu_nd" : (vale91.Classe == "nourban" && vale00.Classe == "2000ND"),//8 - 1;3
21 "nd_nd" : (vale91.Classe == "1991ND" && vale00.Classe == "2000ND");//9 - 3;3
22 }

```

Figura 16 – Resultado da Tabulação Cruzada por Análise LEGAL: 1970 e 1980.

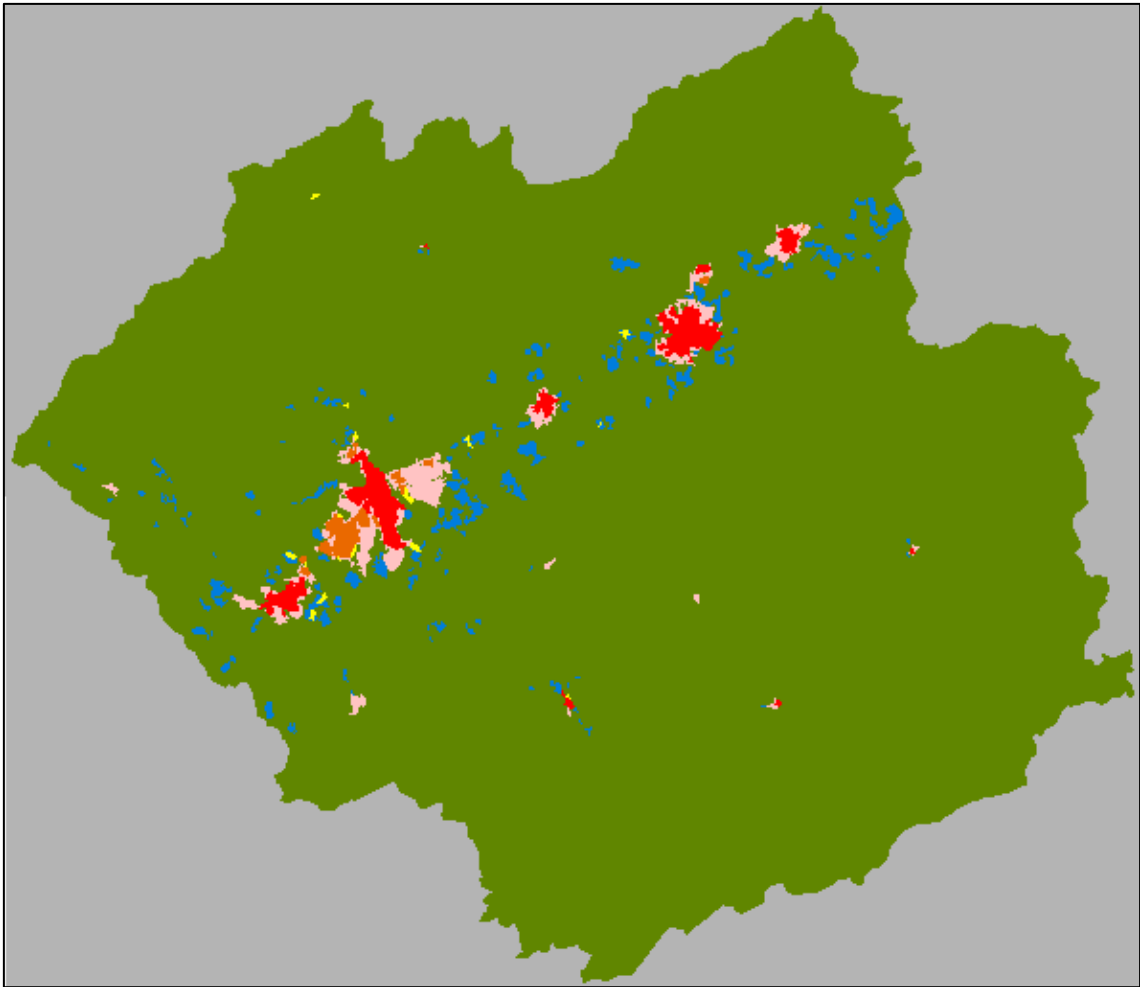


Figura 17 – Resultado da Tabulação Cruzada por Análise LEGAL: 1980 e 1991.

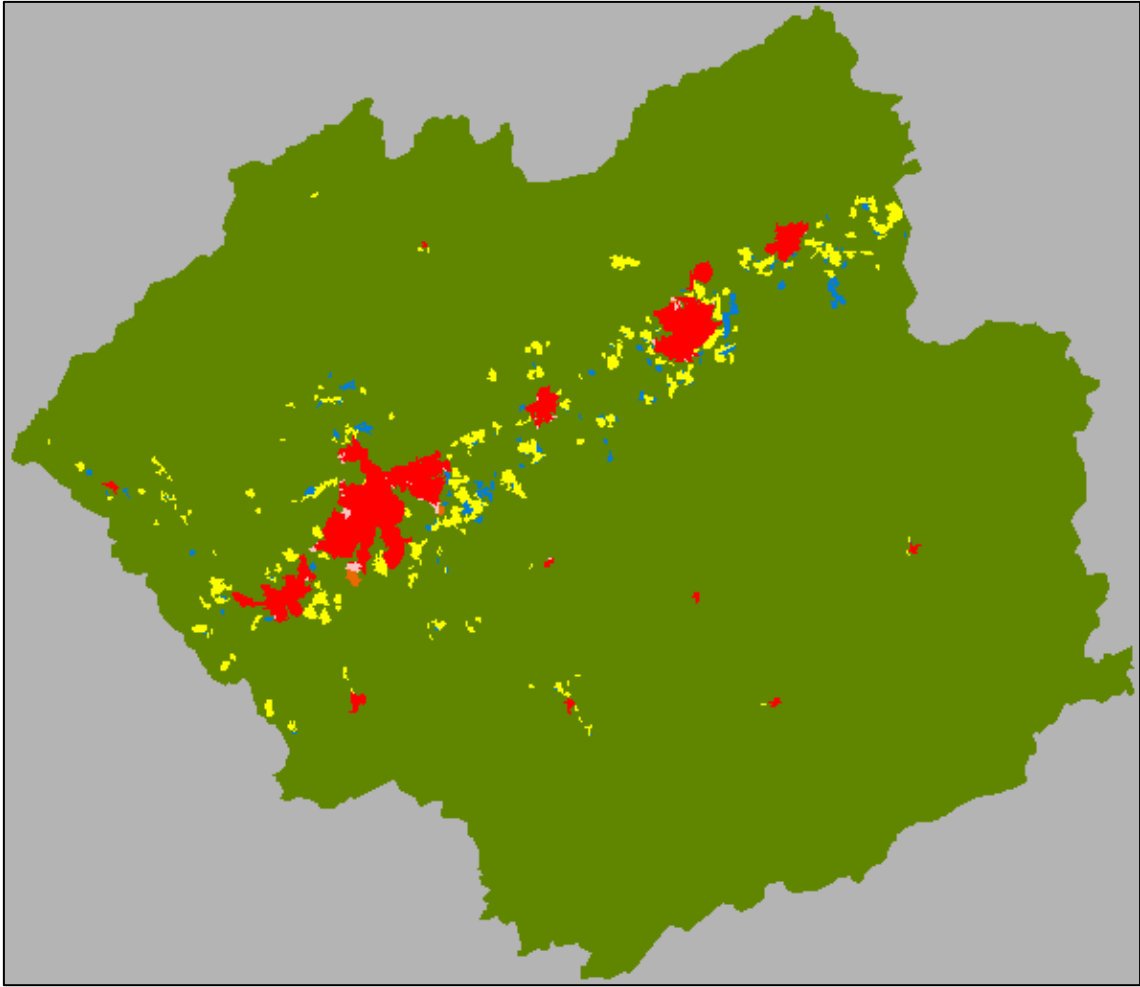
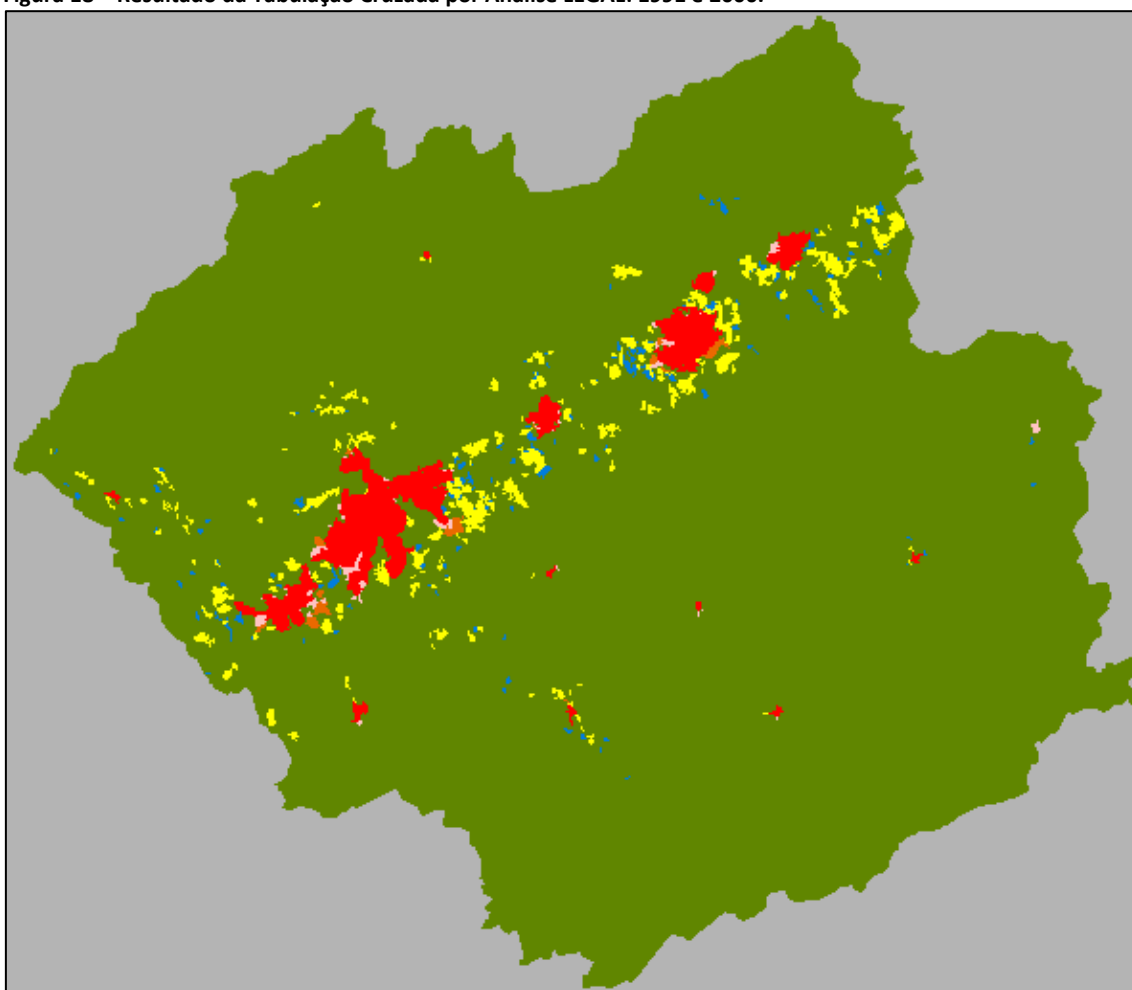


Figura 18 – Resultado da Tabulação Cruzada por Análise LEGAL: 1991 e 2000.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através deste trabalho foi possível observar que embora a dispersão urbana seja um fenômeno de alta complexidade, ainda é possível estimar o seu crescimento. As métricas de paisagem apresentaram resultados coerentes com o cenário real demonstrando uma forte tendência ao crescimento do número de núcleos dispersos ao longo de regiões mais próximas as vias de acesso rápido presentes no Vale do Paraíba.

Figura 19 – Quantidade de Núcleos Dispersos por Faixas de Distância

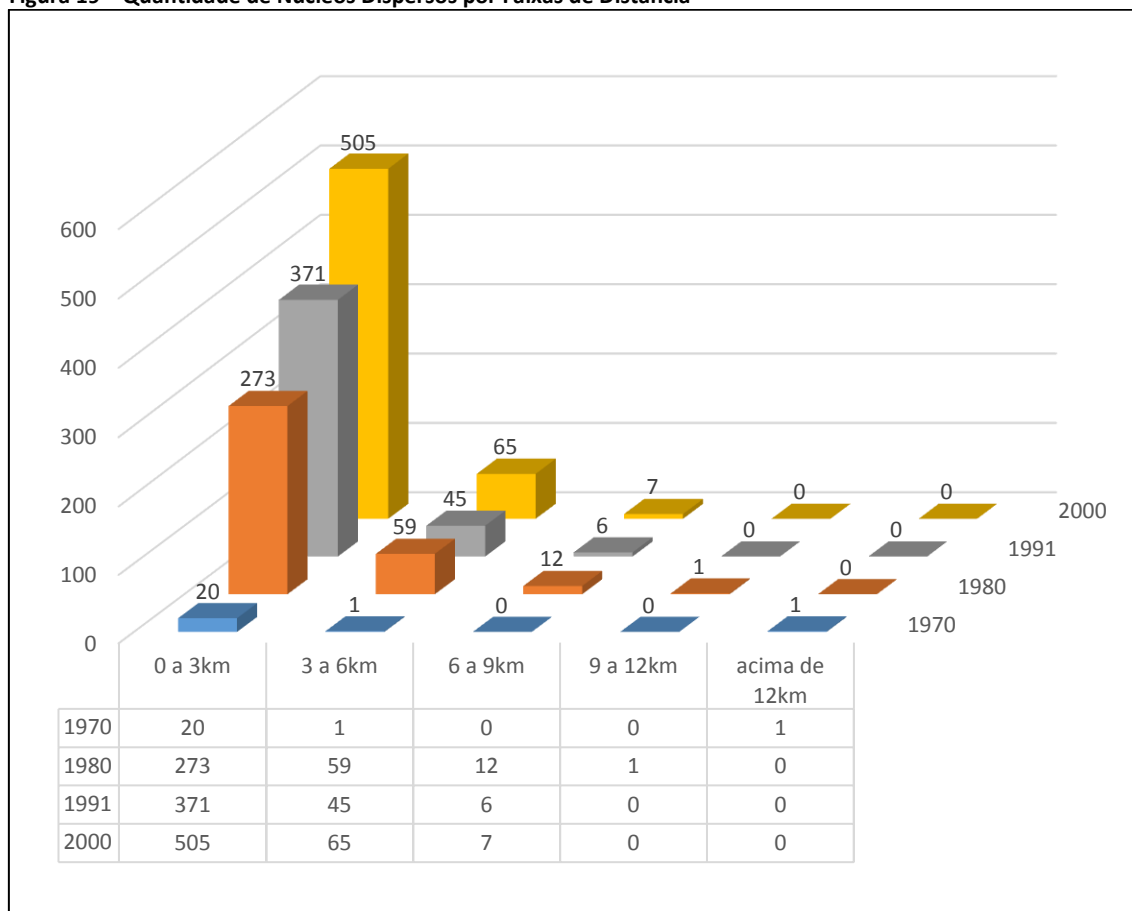
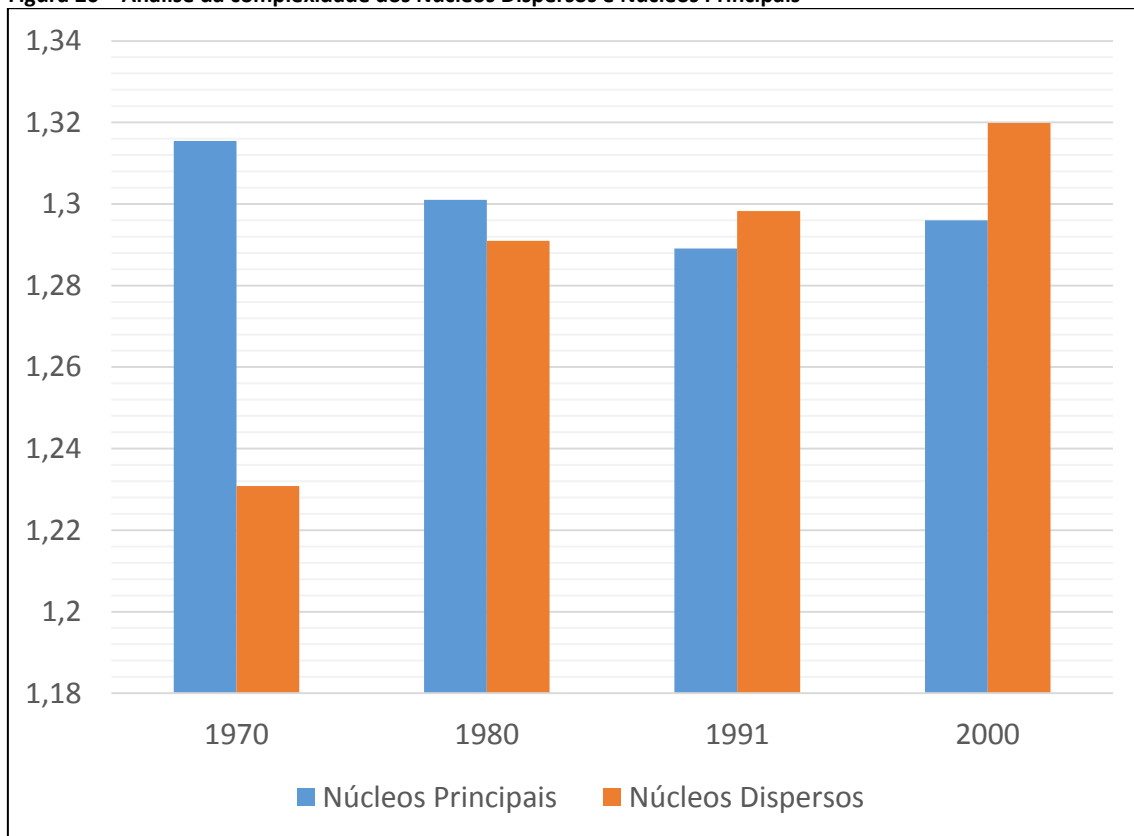


Figura 20 – Análise da complexidade dos Núcleos Dispersos e Núcleos Principais



5 CONCLUSÕES

A parte da metodologia presente na literatura que fora reproduzida por este trabalho demonstrou ser suficientemente robusta para caracterizar a dinâmica da dispersão na paisagem urbana para cenários de complexidade moderada, mas para resultados mais precisos e complexos é sugerido a utilização de comparações entre intervalos de tempo menores do que uma década.

Através deste trabalho foi possível observar que embora a dispersão urbana seja um fenômeno de alta complexidade, ainda é possível estimar o seu crescimento. As métricas de paisagem apresentaram resultados coerentes com o cenário real demonstrando uma forte tendência ao crescimento do número de núcleos dispersos ao longo de regiões mais próximas as vias de acesso rápido presentes no Vale do Paraíba.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. M.; ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; MIGLIORANZA, E.; TOMAS, L. R. Morphological Metrics and Unsupervised Neural Networks to Analyse Urban Sprawl and Intercity Commuting. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, SC. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2007. v. 1. p. 5059-5066.

Burchell, R. W.; Shad, N. A. The incidence of sprawl in the United States. Washington, D.C.: **National Academy Press**, 1998. (TCRP Report H 10).

Burchell, R. W.; Shad, N. A. The evolution of the sprawl debate in the United States. **West-Northwest Journal of Environmental Law and Policy**, v. 5, n. 2, p. 137-160, 1999.

PEREIRA, M. N.; GONCALVES, C. D. A. B.; SOUZA, I. M. E.; GARCIA, S.; PORTELA, A. G.; ALMEIDA, C. M.; FLORENZANO, T. G. Uso de Imagens de Satélite como Subsídio ao Estudo do Processo de Urbanização. **Revista de Estudos sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação**, São Paulo, SP, v. 46, p. 3-33, 2005.

PEREIRA, M. N.; GONCALVES, C. D. A. B.; SOUZA, I. M. E.; GARCIA, S.; PORTELA, A. G.; ALMEIDA, C. M.; ROSEMBACK, R.; FLORENZANO, T. G. Uso de Imagens de Satélite como Subsídio ao Estudo do Processo de Urbanização - **Relatório técnico referente a Projeto Temático FAPESP** (Proc. n. 2002/07742-8). 2005. (Relatório de pesquisa).

Reis, N. G. Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano. **São Paulo: Via das Artes**, 2006. 201p.

SANTOS, L. F. Redes Neurais Não-Supervisionadas e Fractais para a Análise da Mobilidade Regional e da Urbanização Dispersa em São José dos Campos. **Relatório de Conclusão de Bolsa de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2006.