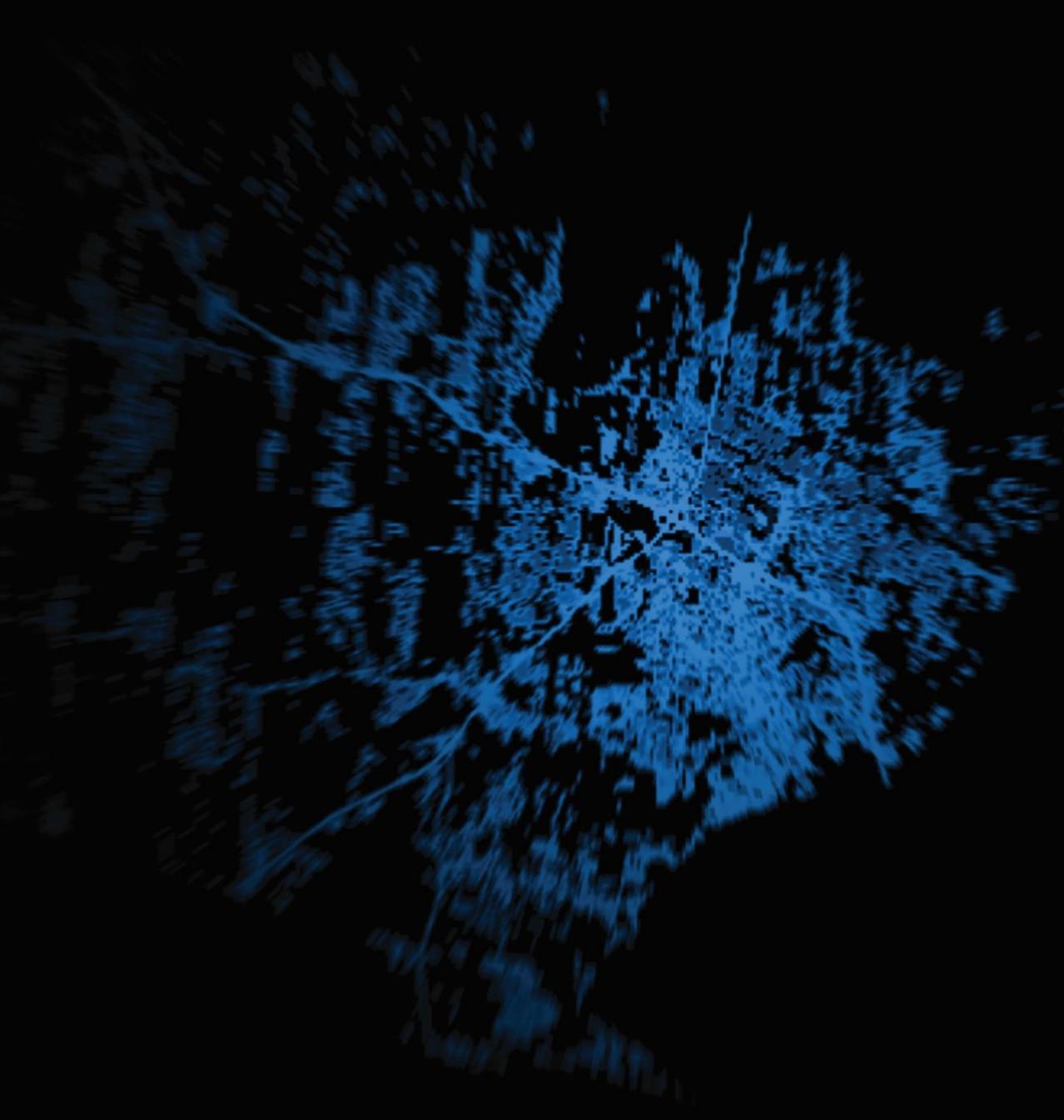


Mateus Gabe

FLEXIBILIZAÇÃO DO PERÍMETRO URBANO
E SUAS REPERCUSSÕES SOBRE
A EXPANSÃO URBANA
Estudo de Lajeado/RS (1984-2016)



Porto Alegre

2017

Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Faculdade de Arquitetura
Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional
Linha de Pesquisa: Planejamento e Espaço Urbano e Regional

Mateus Gabe

**FLEXIBILIZAÇÃO DO PERÍMETRO URBANO E SUAS
REPERCUSSÕES SOBRE A EXPANSÃO URBANA:
Estudo de Lajeado/RS (1984-2016)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROPUR/UFRGS) como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Livia Salomão Piccinini

Porto Alegre | 2017

CIP - Catalogação na Publicação

Gabe, Mateus Augusto

Flexibilização do perímetro urbano e suas repercussões sobre a expansão urbana: Estudo de Lajeado/RS (1984-2016) / Mateus Augusto Gabe. -- 2017.

208 f.

Orientadora: Lívia Teresinha Salomão Piccinini.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Perímetro Urbano. 2. Expansão Urbana. 3. Método de Análise Urbana. 4. Métricas da Paisagem. 5. Lajeado/RS. I. Piccinini, Lívia Teresinha Salomão, orient. II. Título.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Faculdade de Arquitetura

Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional

Linha de Pesquisa: Planejamento e Espaço Urbano e Regional

Mateus Gabe

**FLEXIBILIZAÇÃO DO PERÍMETRO URBANO E SUAS
REPERCUSSÕES SOBRE A EXPANSÃO URBANA:
Estudo de Lajeado/RS (1984-2016)**

Orientadora e Presidente da Banca Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Livia Salomão Piccinini

Banca Examinadora

Prof^ª. Dr^ª Clarice Maraschin

(examinadora interna do PROPUR - UFRGS)

Prof. Dr. Fábio Lúcio Lopes Zampieri

(examinador interno do PROPUR – UFRGS)

Prof^ª. Dr^ª Heleniza Ávila Campos

(examinadora interna do PROPUR - UFRGS)

Prof. Dr. Roberto Verdum

(examinador externo do POSGea – UFRGS)

Porto Alegre | 2017

| AGRADECIMENTOS |

O desenvolvimento deste trabalho significou uma jornada de aprendizado e de aprimoramento de diversas competências no âmbito profissional, acadêmico e pessoal, essenciais ao mestrado e à atividade de pesquisa. Diante dos desafios encontrados e dos longos períodos de dedicação demandados por este trabalho, foi preciso aprimorar a paciência e a persistência e, diante do reconhecimento de minhas incertezas e limitações, foi necessário desenvolver muita humildade e cautela. Os aprendizados adquiridos ao longo desta jornada e a conclusão deste trabalho não foram possíveis somente através de esforço individual, e contou sempre com a colaboração e o suporte imprescindível de instituições, professores, familiares e amigos.

Em reconhecimento à importância das intuições de ensino superior para o aprimoramento da educação no país e para o desenvolvimento da pesquisa científica e acadêmica, expresso meu agradecimento à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior por todas as oportunidades e suportes recebidos durante o período de realização do mestrado.

Manifesto também meu agradecimento a todos os professores com que tive contato durante o período em que frequentei a Faculdade de Arquitetura, que muito contribuíram na minha formação acadêmica e para o meu desenvolvimento pessoal, seja através dos conhecimentos oportunizados ou pelas reflexões que foram instigadas. Agradeço especialmente aos professores integrantes da banca examinadora, prof^a. Clarice Maraschin, prof. Fábio Lúcio Zampieri, prof^a. Heleniza Ávila Campos e prof. Roberto Verdum, pela disposição e vontade em participar da banca de defesa, assim como pelo auxílio prestado na correção e complementação deste trabalho, através das críticas e de observações pertinentes.

Meu sincero agradecimento à amiga, professora e orientadora, Lívia Salomão Piccinini que, há vários anos, com muito interesse, paciência e respeito, tem me aconselhado e ajudado imensamente em todos os momentos da minha vida acadêmica. O presente trabalho não teria sido possível sem os estímulos e encorajamentos constantes, sem os questionamentos e as discussões oportunizadas e, sem as sábias orientações que, a

todo momento, me guiaram na direção do pensamento complexo, não apenas sobre as cidades, mas também, sobre a vida.

Gostaria de agradecer e dedicar esse trabalho à minha família, cujo amor e suporte incondicional foi essencial em toda minha existência: aos meus pais, Neuri Gabe e Delésia de Lima Gabe, quero agradecer por todos as oportunidades os momentos viabilizados, pela incansável dedicação e confiança depositada em mim, e também, pelos inestimáveis ensinamentos e valores éticos e pessoais transmitidos, essenciais na construção da minha pessoa e do meu caráter; aos meus irmãos, Nicolas Alan Gabe e Lucas Martim Gabe, que muito admiro e quero agradecer por todo o apoio, companheirismo e amizade, que são para mim indispensáveis.

Finalmente, meu sincero agradecimento à Juliana Lombard Souza, por quem tenho profundo respeito e afeição, e que sempre demonstrou grande interesse em ouvir e tentar compreender sobre meus trabalhos em andamento. Sua inestimável companhia, seu apoio e seu amor, tornaram essa jornada muito mais agradável e permitiram a superação dos momentos mais difíceis.

Enquanto a ignorância da incerteza conduz ao erro, o conhecimento da incerteza conduz não somente à dúvida, mas também à estratégia. A incerteza não é apenas o câncer que rói o conhecimento, mas é também o seu fermento: leva-o a investigar, verificar, comunicar, refletir, inventar. A incerteza é ao mesmo tempo o horizonte, o câncer, o fermento e o motor do conhecimento.

Edgar Morin, 1986

| RESUMO |

A ‘flexibilização do perímetro urbano’ é praticada nos municípios, por intermédio do poder público municipal, ao expandirem significativamente suas ‘zonas urbanas’ através de sucessivas ampliações do perímetro urbano. Essa prática, que está em conformidade com o conjunto da legislação vigente, ocorre segundo interesses políticos e econômicos, possivelmente sob demanda do mercado imobiliário e fundiário. O dimensionamento exagerado da zona urbana viabiliza a ocupação de áreas periféricas, distantes de áreas consolidadas, estimulando o processo de expansão urbana dispersa, cujos efeitos negativos repercutem sobre aspectos sociais, econômicos e ambientais dos municípios. A presente pesquisa desenvolve um estudo de caso em Lajeado / RS, no período entre 1984 e 2016, com o objetivo de investigar as ‘origens’ da flexibilização do perímetro urbano e, posteriormente, examinar suas ‘repercussões’ sobre a expansão urbana do município. O estudo das ‘origens’ investiga fatores associados à flexibilização do perímetro no município, considerando o papel da legislação e dos instrumentos de planejamento e analisando a evolução do crescimento urbano do município. O estudo das ‘repercussões’ investiga em que medida a flexibilização influenciou a expansão urbana de Lajeado, examinando de maneira associada, as ampliações ocorridas no perímetro urbano e a evolução da ‘mancha urbana’ (áreas construídas). A metodologia da pesquisa é estruturada por análises multi-temporais de indicadores demográficos, socioeconômicos e espaciais, implementadas com auxílio de técnicas e ferramentas SIG. A metodologia de análise da expansão urbana envolve procedimentos de classificação de imagens de sensoriamento remoto, utilizados na produção de mapas temáticos de cobertura do solo e de ‘áreas construídas’, posteriormente examinados através de métodos de análises ‘pós-classificação’ e ‘métricas da paisagem’. Os resultados obtidos para Lajeado permitiram demonstrar o rápido crescimento urbano do município no período analisado e, evidenciam que as ampliações do perímetro urbano tiveram influências significativas sobre o processo de expansão urbana, que se tornou mais intenso e apresentou características de dispersão espacial das ‘áreas construídas’.

PALAVRAS-CHAVES: perímetro urbano – expansão urbana – método de análise urbana - métricas da paisagem – Lajeado/RS;

| ABSTRACT |

The 'urban growth boundary flexibilization' is practiced in the municipalities, by the means of the local public administration, to expand significantly its 'urban zone' through successive expansions of the urban growth boundary. This practice, which is in accordance with the existing legislation, occurs in according to political and economic interests, possibly under real estate and land market demands. The exaggerated urban zone sizing enables the occupation of peripheral areas, far from consolidated areas, stimulating the process of dispersed urban expansion, whose negative effects have an impact on social, economic and environmental aspects of the municipalities. This research develops a case study in Lajeado/RS, in the period between 1984 and 2016, with the objective of investigating the 'origins' of the urban growth boundary flexibilization and then, examine their 'repercussions' on the urban expansion. The study of 'origins' investigates factors associated with the boundary flexibilization in the municipality, considering the role of legislation and planning instruments, and analyzing the evolution of the urban growth. The study of 'repercussions' investigates to what extent the flexibilization influenced the urban expansion of Lajeado, examining the enlargements that occurred in the urban zone, in association with the evolution of the 'urban footprint' (built-up areas). The research methodology is based on multi-temporal analysis of demographic, socioeconomic and spatial indicators, implemented with the support of GIS tools and techniques. The methodology of analysis of the urban expansion involves procedures of remote sensing image classification, used for production of thematic maps of land cover and built-up areas, that are afterward examined with methods of 'post-classification' and 'landscape metrics' analysis. The results obtained for Lajeado allowed to demonstrate rapid urban growth of the municipality in the analysis period, and showed that the enlargement of the urban growth boundary had significant influences on the process of urban expansion, which became more intense and presented characteristics of spatial dispersion of the built-up areas.

KEYOWRDS: urban growth boundary - urban expansion – urban analysis method – landscape metrics – Lajeado/RS

| LISTA DE FIGURAS |

Figura 1. Macrozoneamento municipal e seus principais elementos.	24
Figura 2. Localização do COREDE do Vale do Taquari e do município de Lajeado.	32
Figura 3. Lajeado/RS: Divisão territorial por bairros, traçado viário e Zona Rural do município.	37
Figura 4. Localização dos loteamentos e condomínios fechados implantados entre 2006 e 2016 em Lajeado / RS.	38
Figura 5. Fotografia de loteamentos implantados em Lajeado / RS, no período analisado.	39
Figura 6. Fotografias aéreas de loteamentos implantados em áreas periféricas de Lajeado / RS.	40
Figura 7. Diagrama síntese do problema de pesquisa.	42
Figura 8. Diagrama síntese das justificativas da pesquisa.	44
Figura 9. Diagrama síntese dos objetivos associados às etapas de pesquisa.	46
Figura 10. Diagrama síntese da metodologia da pesquisa associada aos objetivos principais.	51
Figura 11. Resumo dos métodos e variáveis de análise adotadas pela pesquisa.	52
Figura 12. Diagrama síntese do conteúdo da revisão teórica-conceitual.	56
Figura 13. Componentes dos ecossistemas associados aos níveis de organização dos sistemas biológicos.	71
Figura 14. Os elementos do assentamento humano, segundo Doxiadis (1970) e Dansereau (1978).	75
Figura 15. Os quatro painéis emergentes e tipos predominantes de uso e ocupação do solo.	79
Figura 16. Diagrama da dinâmica dos “fixos” e “fluxos” de matéria, energia e informação, associado aos elementos dos assentamentos urbanos.	83
Figura 17. Dimensões do crescimento urbano associadas aos elementos dos assentamentos urbanos.	85
Figura 18. Padrões espaço-temporais da expansão urbana.	87
Figura 19. Etapas da expansão de ‘áreas urbanas’, segundo o processo de difusão e coalescência.	88
Figura 20. Evolução da ‘mancha urbana’ do município de Chicago (EUA), 1860/1960.	89
Figura 21. Instrumentos de políticas públicas de gerenciamento da expansão urbana.	98
Figura 22. Diagrama síntese dos instrumentos e conteúdos associados ao Plano Diretor.	100
Figura 23. Diagrama síntese das principais etapas da metodologia para análise da expansão urbana.	105
Figura 24. Diagrama da metodologia de classificação de imagens de sensoriamento remoto.	107
Figura 25. Diagrama síntese das etapas do método de classificação supervisionada pixel-a-pixel.	111
Figura 26. Exemplos do procedimento de segmentação e treinamento de imagens de sensoriamento remoto.	113
Figura 27. Exemplo de imagens multiespectrais classificadas pelos algoritmos KNN e DT.	114
Figura 28. Exemplo de mapas temáticos de cobertura do solo produzidos segundo o modelo de 8 classes de cobertura e mapa de reclassificado para o modelo de 4 classes.	115
Figura 29. Diagrama síntese das etapas do método de classificação por extração de componentes espectrais.	117
Figura 30. Exemplo de aplicação dos índices espectrais SAVI e MNDWI.	119
Figura 31. Exemplo de aplicação dos índices PC2 e PC4.	121
Figura 32. Exemplo de fusão de classificações e de extração das ‘áreas construídas’.	122
Figura 33. Exemplo de modelos da paisagem tipo ‘mosaico’ e ‘binário’.	127
Figura 34. Fases da expansão urbana associadas à ‘assinatura métrica temporal’ das métricas da paisagem.	128

Figura 35. Exemplo do comportamento da ‘assinatura métrica temporal’ para um modelo hipotético de expansão urbana (modelo regular).....	130
Figura 36. Exemplo do comportamento da ‘assinatura métrica temporal’, para um modelo hipotético de expansão urbana (modelo irregular).	132
Figura 37. Diagrama síntese da estruturação das análises desenvolvidas.....	136
Figura 38. Linha do tempo dos planos diretores e alterações no perímetro urbano de Lajeado / RS.	137
Figura 39. Evolução do perímetro urbano de Lajeado / RS.	138
Figura 40. Evolução dos indicadores socioeconômicos de Lajeado, no período de 1992 a 2022. ...	141
Figura 41. Diagrama síntese dos resultados apresentados para as análises da expansão urbana.	144
Figura 42. Painel A1: Mapas temáticos de cobertura do solo de Lajeado / RS para o período de 1984 a 2016.	147
Figura 43. Painel A2: Perfil de classes de cobertura do solo de Lajeado (modelo de 8 classes). ...	149
Figura 44. Painel B: Perfil de classes de cobertura do solo de Lajeado / RS (modelo de 4 classes).	152
Figura 45. Painel C: Mapas da ‘mancha urbana’ e do perímetro urbano de Lajeado / RS no período de 1984 a 2016.	153
Figura 46. Gráfico comparativo entre os valores de ‘área construída total’ obtidos através dos métodos de classificação A e B.....	154
Figura 47. Gráfico de evolução da população, da área da zona urbana e da área construída de Lajeado / RS no período de 1984 a 2016.	155
Figura 48. Gráfico de evolução da população, da área total da zona urbana e da área construída total de Lajeado / RS no período 1984 a 2016.....	157
Figura 49. Mapa de evolução da ‘mancha urbana’ de Lajeado / RS no período de 1984 a 2016. ..	158
Figura 50. Divisão da Zona Urbana de Lajeado em setores para análises métricas da paisagem.	159
Figura 51. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas CA e PLAND para os setores de Lajeado / RS.	162
Figura 52. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas NP e PD para os setores de Lajeado / RS.	163
Figura 53. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas LPI e ED para os setores de Lajeado / RS.	165
Figura 54. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas ENN_MN para os setores de Lajeado / RS.	166
Figura 55. Painel D: Assinatura métrica temporal’ das métricas analisadas para os setores Centro, Oeste e para a ‘Zona Urbana’ de Lajeado / RS.	168

| LISTA DE TABELAS |

Tabela 1. Perfil socioeconômico do município de Lajeado / RS	35
Tabela 2. Periodizações existentes para o município de Lajeado.	49
Tabela 3. Síntese dos recortes temporais utilizados na pesquisa.....	50
Tabela 4. Diagrama síntese da estrutura da dissertação.....	54
Tabela 5. Tipologias 'básicas' de definições de 'urbano' e 'rural'	58
Tabela 6. Origem etimológica e definições das palavras 'urbano', 'rural', 'cidade' e 'campo'.	59
Tabela 7. Características diferenciais do 'universo rural'.....	62
Tabela 8. Características diferenciais dos 'espaços urbanos'.	64
Tabela 9. Critérios normativos utilizados por países para a classificação de 'áreas urbanas'.....	67
Tabela 10. Resumo descritivo dos principais aspectos da 'legislação urbana' abordados na pesquisa.	91
Tabela 11. Relação dos períodos, locais e instrumentos utilizados na busca e o conjunto de imagens escolhido.	109
Tabela 12. Sistema de classes de cobertura associados aos métodos de classificação em que foram utilizados.	112
Tabela 13. Valores limiares médios utilizados para extração dos componentes.	120
Tabela 14. Índices de acurácia das classificações para Lajeado,	124
Tabela 15. Descrição das métricas da paisagem selecionadas para análise da expansão urbana.	129
Tabela 16. Relações entre as variações na 'assinatura métrica espacial' e os processos espaciais relacionados.....	134
Tabela 17. Análise de correlação entre as variáveis (coeficiente Pearson).	143
Tabela 18. Caracterização do processo de difusão espacial (expansão urbana dispersa) para os setores de Lajeado no período entre 1998 e 2016.....	167

| LISTA DE ANEXOS |

Anexo 1. Mapa temático: data de fundação dos municípios que pertenciam à Lajeado/RS.	193
Anexo 2. Mapa temático: data em que os municípios se emanciparam de Lajeado/RS.....	194
Anexo 3. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – dezembro de 1984.	195
Anexo 4. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – março de 1992.	196
Anexo 5. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – fevereiro de 1998.	197
Anexo 6. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – fevereiro de 2004.	198
Anexo 7. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – fevereiro de 2010.	199
Anexo 8. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – janeiro de 2016.	200
Anexo 9. Tabela de ‘estatísticas por classe’ para os períodos de transição (modelo de 8 classes). 201	
Anexo 10. ‘Matriz de transição’ por classe de cobertura (modelo de 8 classes).	202
Anexo 11. Tabela de ‘estatísticas por classe’ para cada período de transição (modelo de 4 classes).	203
Anexo 12. Mapa temático de evolução da ‘mancha urbana’ de Lajeado/RS de 1984 à 2016.	204
Anexo 13. Resumo dos dados socioeconômicos para os bairros que compõem os setores de análise de Lajeado / RS.....	205
Anexo 14. Assinatura métrica temporal’ das métricas analisadas para todos os setores de análise de Lajeado / RS.	206
Anexo 15. Tabela síntese das variações das métricas da paisagem entre cada período, para cada setor de análise de Lajeado / RS.....	207

| LISTA DE SIGLAS |

ACIL	Associação Comercial e Industrial de Lajeado
ANN	Artificial Neural Network
ARENA	Aliança Renovadora Nacional
CA	Class Area
CEMPRE	Cadastro Central de Empresas
COREDE	Conselho Regional de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DN	Digital Number
DOS	Dark Object Subtraction
DT	Decision Tree
EC	Estatuto da Cidade
ED	Edge Density
ENN_MN	Mean Euclidean Nearest Neighbor
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EUA	Estados Unidos da América
FEE	Fundação de Economia e Estatística
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GIS	Geographic Information Systems
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDESE	Índice de Desenvolvimento Socioeconômico
IDHM-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ITR	Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural
KNN	k-Nearest Neighborhood
LEcoS	Landscape Ecology Statistics
LPI	Largest Path Index
MAXVER	Maximum Likelihood
MNDWI	Modified Normalized Difference Water Index
NIR	Near Infrared
NP	Number of Patches

OCDE Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OLI Operational Land Imager
ONU Organização das Nações Unidas
OOAU Outorga Onerosa de Alteração de Uso
OODC Outorga Onerosa de Direito de Construir
OSM Open Street Map
PCA Principal Component Analysis
PD Path Density
PIB Produto Interno Bruto
PLAND Percentage of Landscape
PLS Projeto de Lei do Senado
PML Prefeitura Municipal de Lajeado
PNAD Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PR Estado do Paraná
PP Partido Progressista (Brasil)
PROPUR Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional
POSGea Programa de Pós-Graduação em Geografia
QGIS Quantum GIS
ROI Regions Of Interest
RS Estado do Rio Grande do Sul
SAVI Soil Adjusted Vegetation Index
SERFHAU Serviço Federal de Habitação e Urbanismo
SC Estado de Santa Catarina
SCP Semi-automatic Classification Plugin
sDNA Spatial Design Network Analysis
SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SHP Arquivo vetorial ESRI Shapefile
SIG Sistemas de Informações Geográficas
SOM Self Organizing Map
SP Estado de São Paulo
SGR Sistema Global de Referência
SR Sensoriamento Remoto
SVM Support Vector Machine
TM Thematic Mapper
TOA Top Of Atmosphere Reflectance
UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNEP United Nations Environment Programme
UNIVATES Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior
UNSD Divisão Estatística das Nações Unidas
USGS United States Geological Survey
OTB Orfeu Toolbox
UTM Universal Transversa de Mercator
VT Vale do Taquari
WRS Worldwide Reference System
ZEIS Zonas Especiais de Interesse Social

| SUMÁRIO |

1. INTRODUÇÃO	23
1.1 FLEXIBILIZAÇÃO DO PERÍMETRO URBANO EM LAJEADO / RS 	31
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA 	41
1.3 JUSTIFICATIVAS 	44
1.4 OBJETIVOS 	46
1.5 DELIMITAÇÕES E RECORTES 	48
1.6 METODOLOGIA 	50
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 	53
2. REVISÃO TEÓRICA-CONCEITUAL	55
2.1 DEFINIÇÕES DE ‘URBANO’ E ‘RURAL’ 	57
2.1.1. ECOLOGIA, ECOSISTEMA E PAISAGEM 	69
2.1.2. ASSENTAMENTOS HUMANOS 	73
2.2 CRESCIMENTO E EXPANSÃO URBANA 	81
2.3 LEGISLAÇÃO E PLANEJAMENTO URBANO 	89
2.3.1. INSTRUMENTOS URBANÍSTICOS 	96
3. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA	103
3.1 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO 	106
3.1.1. AQUISIÇÃO E PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO	108
3.1.2. CLASSIFICAÇÃO ‘SUPERVISIONADA PIXEL-A-PIXEL’	111
3.1.3. CLASSIFICAÇÃO POR EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS	116
3.1.4. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DE CLASSIFICAÇÕES	123
3.2 ANÁLISES PÓS-CLASSIFICAÇÃO	124
3.2.1. ANÁLISE DE MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO	125
3.2.2. ANÁLISES MÉTRICAS DA PAISAGEM	126
4. ESTUDO DE CASO EM LAJEADO / RS	135
4.1 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO PERÍMETRO URBANO	137
4.2 ANÁLISE DO CRESCIMENTO URBANO	140
4.3 ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA 	144
4.3.1. MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO	145
4.3.2. EVOLUÇÃO DA ‘MANCHA URBANA’	150
4.3.3. CARACTERIZAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA	158
5. CONCLUSÕES	171
5.1 SOBRE A RELAÇÃO ‘URBANO-RURAL’	177
5.2 SOBRE A METODOLOGIA DA PESQUISA	179
5.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	181
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183
ANEXOS 	193

1. INTRODUÇÃO

Desde a constituição de 1988, os municípios brasileiros estão assegurados via legislação de expressiva autonomia no que se refere ao planejamento e ao ordenamento de seus territórios político-administrativos¹ (GOULART, TERCI e OTERO, 2013; RESENDE, 2008). Isso lhes garante relativa facilidade para ampliar suas zonas urbanas, prática que tem sido realizada com frequência e intensidade (SANTORO, 2012). A zona urbana tem sido classificada como “a área em cujo interior valem as regras da política urbana” (BRASIL, 2001b, p. 41) e apenas nela é permitido o parcelamento do solo para fins urbanos. O limite dessa área – seu contorno – constitui o perímetro urbano (ver Figura 1, p. 24).

O perímetro urbano é instituído exclusivamente por lei municipal e indica a linha divisória oficial entre as áreas ‘urbana’ e ‘rural’, “servindo tanto para fins urbanísticos quanto tributários” (IBGE, 2001, p. 116). É o instrumento de planejamento mais utilizado no Brasil, presente em 83,6% dos municípios já em 2013 (IBGE, 2014, p. 55) e está diretamente associado ao macrozoneamento² do território municipal. Porém, os critérios que delimitam o perímetro - o que é urbano e o que é rural - são incertos e “criam distorções evidentes do ponto de vista

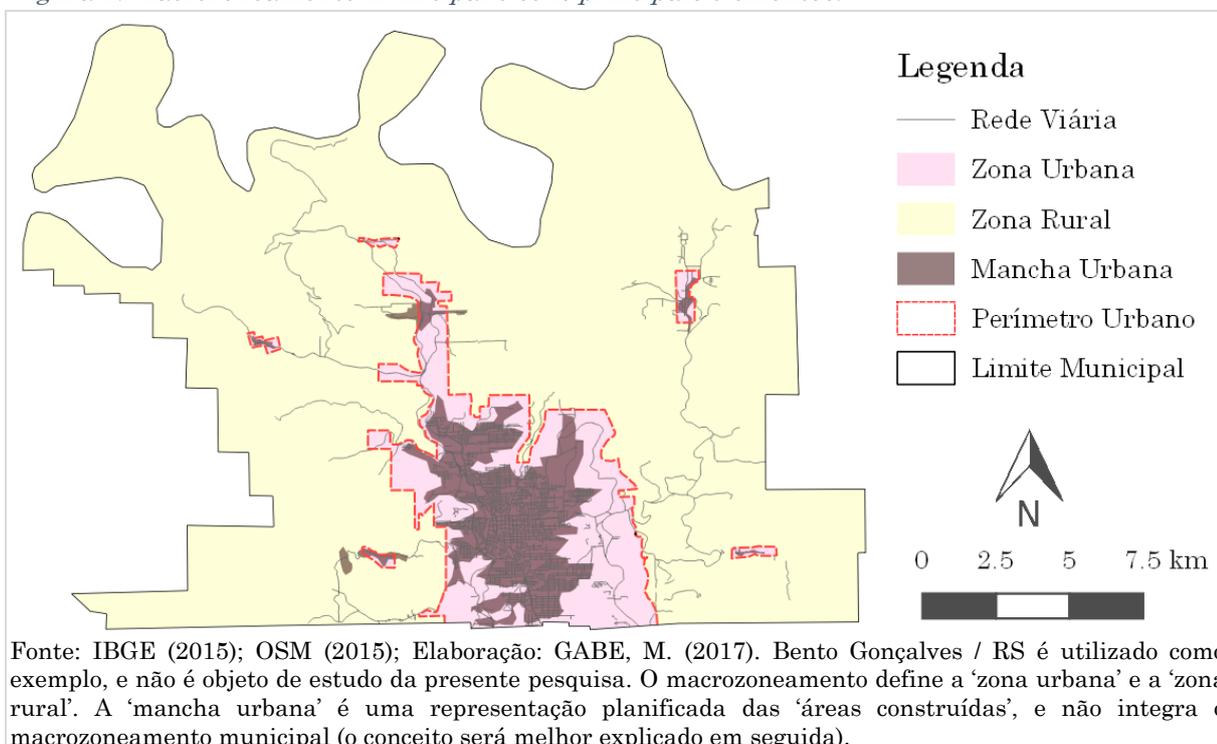
¹ O termo ‘território político-administrativo’ refere-se ao “espaço delimitado geograficamente e administrativamente pelas fronteiras” (ANDRADE, 1995, p. 20) sob controle e gestão do poder público (Estado) nos seus diversos níveis governamentais (Nação, Estado, Município e Distrito), conforme a divisão político-administrativa brasileira.

² O macrozoneamento é um instrumento de ordenamento territorial que define o “referencial espacial para o uso e a ocupação do solo na cidade, em concordância com as estratégias de política urbana” (BRASIL, 2002, p. 41). Estabelece, primeiramente as zonas rurais e urbanas, a partir das quais circunscreve-se o perímetro urbano (ver exemplo da Figura 1).

territorial” (REIS, 2005, p. 77) pois, não há homogeneidade, nem leitura ou descrição, de caráter definidor, para nenhuma destas áreas, que assumem, assim, características muito diferentes em suas materialidades.

De acordo com o que está previsto pela legislação, ao definir o perímetro urbano os municípios também instituem que “toda a área remanescente, ou seja, aquela que estiver fora do perímetro urbano” será rural (TALASKA, ARANTES e FARIAS, 2009, p. 62; SANTORO, 2012). Assim, expandir o perímetro urbano implica não apenas na ampliação do total de área passível de urbanização, mas, também, na diminuição do total de área para fins rurais.

Figura 1. Macrozoneamento municipal e seus principais elementos.



Diversos autores apontam para a existência de uma visão dicotômica ou binária (CLOKE e JOHNSTON, 2005), de oposição entre o que seria definido como urbano e como rural. Esta visão tende a criar estímulo ao primeiro em detrimento ao segundo, algo que está fortemente presente e visível no conteúdo da legislação (CAIADO e SANTOS, 2003; REIS, 2005; SANTORO, 2012). A relevância do rural para o desenvolvimento social e ambiental do município é normalmente

negligenciada na legislação, nas políticas públicas e nos processos de planejamento urbano (NAKANO, 2004, p. 25) e a legislação assume um caráter claramente pró-urbano (PICCININI e ALMEIDA, 2015, p. 8). Assim, quando os municípios têm interesse em alguma área rural para a realização de novos parcelamentos urbanos, permitem que o perímetro urbano seja expandido, ampliando a Zona Urbana (MIRANDA, 2009).

Isto ocorre porque para estabelecer ou modificar o perímetro urbano basta que os municípios aprovelem, em suas respectivas câmeras municipais, uma lei específica (denominada “Lei do Perímetro Urbano”) definindo os novos limites da zona urbana. No entanto, os critérios de delimitação tendem a apresentar “certo grau de arbitrariedade” (NAKANO, 2004, p. 34) pois, “carecem de uniformidade e normatização e pecam por não considerar a funcionalidade do território” (SPAROVEK, LEONELLI e BARRETTO, 2004, p. 15). O perímetro urbano também pode ser estabelecido através da Lei de Zoneamento, que para fins práticos, tem o mesmo efeito.

Até recentemente³, alterações ocorriam sem exigência de estudos ou planos de qualquer tipo (ex.: estudos de viabilidade, de impacto urbanístico e ambiental) e o perímetro poderia ser ampliado quantas vezes fossem necessárias – podendo expandir-se até configurar um município totalmente urbano (IBGE, 2001, p.30). Não há vinculação direta, regulada por legislação, entre o Plano Diretor e o perímetro urbano, razão pela qual é comum que os municípios ampliem seus perímetros sem elaboração ou atualização do Plano Diretor (BALISA, COSTA e TEIXEIRA, 2015).

Vários municípios brasileiros expandiram seus perímetros urbanos de maneira significativa entre o início da década de 70 até e a segunda década deste século. A conjuntura político/econômica do período⁴, a permissividade assegurada

³ Até 2012, era isso que ocorria, mas, com a promulgação da Lei 12.608/12 que adicionou os artigos 42-A e 42-B ao Estatuto da Cidade, essa situação se altera, pois o artigo 42-A traz normas que buscam conter a ocupação urbana em áreas de risco (deslizamentos, erosões, inundações e outros tipos de desastres naturais) e o artigo 42-B “trata da exigência de elaboração de projeto específico para que o município possa ampliar seu perímetro urbano” (SANTORO, 2014, p.177) para conter a expansão indevida das zonas urbanas.

⁴ O período em questão (1970-2010) é caracterizado no Brasil por muitas mudanças e transformações importantes. Politicamente, trata-se dos períodos da Ditadura Militar, Redemocratização e Nova República.

pela legislação e determinadas práticas de planejamento e gestão urbana (ou mesmo, sua ausência) são os principais aspectos que favoreceram essa prática (SANTORO, 2014; SPAROVEK, LEONELLI e BARRETTO, 2004; NAKANO, 2004; MIRANDA, 2009) e evidências da prática de expansão desmedida do perímetro urbano podem ser encontradas em estudos relacionados à evolução e à expansão urbana de municípios brasileiros.

Nos estudos focados em municípios gaúchos, é possível verificar menções à prática de flexibilização, como os casos de: Venâncio Aires, que realizou “frequentes ampliações do perímetro” entre 1983 e 1998 (LÜCKE, 2013, p. 106); Santa Cruz do Sul, que teve mudanças significativas no perímetro urbano nas décadas de 70 e 90 (SILVEIRA, et al., 2014, p. 68); Santa Maria, na década de 80 e 90 (NASCIMENTO e MOURA, 2014); Rio Grande, com “grande expansão do seu perímetro urbano” na década de 80 (SOARES e AMARAL, 1997, p. 1); e Lajeado, que apresentou grande expansão da área urbana na década de 90, tornando-se um município quase completamente urbano. Existem menções sobre situações similares em estudos realizados em municípios de outras regiões do Brasil⁵.

A prática de expansão significativa da Zona Urbana do município através de sucessivas ampliações do perímetro urbano foi aqui denominada de “flexibilização do perímetro urbano”⁶. Os municípios, por intermédio do poder público municipal, são os principais agentes dessa prática, que ocorre em conformidade com o conjunto da legislação vigente, ou seja, legalmente, e segundo interesses políticos, sob a demanda do mercado imobiliário e, possivelmente, através de práticas clientelistas (SANTORO, 2012; SANTORO, 2014; SPAROVEK, LEONELLI e BARRETTO, 2004, p. 15; NAKANO, 2004, p. 25).

Economicamente, é o período da Recessão (após o período de intensa industrialização da década de 60), seguido, pela Crise Monetária (1973-1990) e da Abertura Econômica (1990-2005). As implicações desses fatores na questão do perímetro urbano serão abordadas em mais detalhes no segundo capítulo da dissertação.

⁵ Para estudos sobre municípios dos Estados de São Paulo, Santa Catarina e Paraná, cf. (DE PAULA, et al., 2013; GOULART, TERCI e OTERO, 2013; NASCIMENTO e MATIAS, 2011; SANTORO, COBRA e BONDUKI, 2010; SANTORO, 2014).

⁶ A denominação tem por referência o artigo de Paula Freire Santoro publicado em 2010, “Perímetro Urbano Flexível, Urbanização Sob Demanda e Incompleta: O Papel do Estado Frente ao Desafio do Planejamento da Expansão Urbana” em que a autora afirma que o processo de expansão urbana no Brasil tem ocorrido de forma facilitada, “com perímetros flexibilizados *on demand* (“sob demanda”), orientados pela lógica de mercado” (Ibid., p.181).

Podemos interpretar a prática de flexibilização como uma forma de complacência, ou submissão, da legislação aos interesses do capital (empresas da construção civil, do mercado imobiliário, grandes latifundiários, etc.). Nesse sentido, ela é favorável aos interesses desses agentes, garantindo “a manutenção de poder concentrado e privilégios nas cidades, refletindo e ao mesmo tempo promovendo, a desigualdade social no território urbano” (MARICATO, 2003, p. 151). Autores afirmam que os interesses por detrás da ampliação do perímetro são econômicos, como pode ser visto com os seguintes autores:

Constata-se, que na maioria dos municípios brasileiros, os critérios que estabelecem o perímetro urbano e as áreas de expansão urbana não provêm de estudos de viabilidade urbanística e ambiental. O critério utilizado é a viabilidade econômica; constatada pelos empreendedores, solicita-se ao poder público e à Câmara de vereadores a legislação que lhe dê suporte. (SPAROVEK, LEONELLI e BARRETTO, 2004, p. 15)

Outros autores afirmam que a facilidade de ampliação do perímetro, garantida e facilitada pela legislação, favorece a conformação de zonas urbanas superdimensionadas, em desacordo com as necessidades reais dos municípios e de suas populações (BRAGA, 2001; SANTORO, 2012; BALISA, COSTA e TEIXEIRA, 2015, p.4). A zona urbana superdimensionada propicia a criação de novas localizações periféricas, passíveis de urbanização e cujo preço da terra, inicialmente mais barato, induz a ocupação destes locais, onde “com a disposição de perímetros urbanos inadequados, as cidades se expandem de forma anômala” (RIBEIRO e SILVEIRA, 2009, p. 1). Assim, a ampliação do perímetro urbano pode ter repercussões significativas sobre o processo de expansão urbana do município.

Existem poucos estudos, no caso dos municípios brasileiros, que apresentem evidências concretas sobre as repercussões da flexibilização do perímetro urbano no processo de expansão urbana. Santoro, Cobra e Bonduki (2010) constataram, por meio de análises de dados obtidos pelo IBGE e pela Embrapa, que a área total das zonas urbanas dos municípios brasileiros “correspondem a quatro vezes as áreas efetivamente urbanizadas mapeadas por satélite, o que dá indícios de que os municípios têm ampliado exageradamente seus

limites urbanos” (SANTORO, COBRA e BONDUKI, 2010, p. 422). Isto é um indicativo de que houve ampliação dos perímetros dos municípios e que, provavelmente esta ampliação não teve relação com demandas reais, associadas ao crescimento urbano efetivo no período em questão.

O processo de ‘crescimento urbano’ (*urban growth*) de um núcleo urbano envolve transformações quantitativas e qualitativas em sua população, suas funções urbanas⁷ e suas condições socioeconômicas (MÜLLER, 1974, p. 31). Também envolve transformações no ambiente construído (os ‘abrigos’ e as ‘redes’ de infraestrutura⁸), do qual depende a população e as funções urbanas do núcleo, motivo pela qual este deve ser continuamente adaptado e ampliado para se ajustar ao crescimento urbano.

Quando o crescimento físico do núcleo urbano envolve a transformação de áreas de uso não-urbanos (rurais e naturais) em áreas urbanas, de maneira que avança e constrói sobre áreas antes não edificadas ou adaptadas, denominamos este processo de ‘expansão urbana’ (*urban expansion*) (BHATTA, 2010). Esse tipo de crescimento do ambiente construído, é referido na literatura como “crescimento horizontal” (para distinguir de outro tipo, o “crescimento vertical”⁹) e sua implantação se dá, principalmente, através de novas áreas residenciais (loteamentos e, mais recentemente, condomínios horizontais).

Cabe ressaltar aqui, que a ampliação do perímetro urbano apenas converte normativamente o uso do solo de rural para urbano, e não corresponde ao processo de expansão urbana em si, embora possa ter influência significativa sobre este. É

⁷ As ‘funções urbanas’ são as atividades que um núcleo urbano exerce para o exterior (para a região do entorno ou regiões distantes) e para o interior (funções intra-urbanas, em benefício da população residente) (MÜLLER, 1974, p. 33). Müller afirma que “todas as funções urbanas são captadas através dos setores econômicos não agrícolas, ou seja, através do setor secundário e do terciário” (ibid., p. 35) e classifica as funções urbanas em: (i) de apoio a produção; (ii) voltadas à sobrevivência humana e à qualidade de vida; (iii) administração pública; (iv) de produção.

⁸ Os termos ‘abrigos’, ‘redes’ e ‘natureza’ referem-se aos “5 elementos dos assentamentos humanos”. Trata-se de uma classificação proposta por Doxiadis em sua obra “Equística: A ciência dos assentamentos humanos” (1970). Este autor e algumas de suas teorias serão apresentadas no Capítulo 2 deste trabalho (cf. p. 58).

⁹ O “crescimento vertical” corresponde ao processo de densificação/verticalização urbana, através do acréscimo de área construída em áreas já urbanizadas. A densificação pode ser decorrente de mudanças na legislação urbanística, que ao permitir maior taxa de aproveitamento do solo, índices construtivos maiores e ampliando o limite de altura máxima pra edificações, viabiliza a construção de novos empreendimentos e produtos imobiliários.

preciso considerar que há um processo gradual de transição, em etapas¹⁰, entre as mudanças normativas (conversão do uso do solo rural em urbano através de instrumentos legais) e as transformações físicas (construção e adaptação destas áreas em espaços urbanos, transformando a cobertura do solo), que resulta em valorização do preço da terra e mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo (SANTORO, 2012, p. 283).

Em alguns casos, a expansão urbana se caracteriza pela sua forma descontínua e “menos compacta” em relação à da mancha urbana principal (áreas consolidadas, onde concentram-se as atividades e os serviços). Esse padrão específico de expansão, denominado de ‘espalhamento urbano’¹¹ (*urban sprawl*), tem encontrado na literatura diferentes traduções: espraiamento, alastramento, espalhamento e expansão descontrolada, caracterizando o que Ribeiro e Silveira (2010, p.1) descrevem como “a cidade irradiada para todos os lados, a cidade esparramada”.

As repercussões, positivas e negativas, da expansão urbana dispersa são extensas e discutidas de forma recorrente na literatura sobre o tema (BHATTA, 2010). Entretanto, existe entre os autores o consenso de que as repercussões negativas sobrepõem as positivas, especialmente quando consideramos que este processo tem repercussões em escala global (ANGEL, et al., 2005; ANGEL, et al., 2010; SETO, et al., 2011). Portanto, é importante buscar estratégias de planejamento urbano e políticas públicas que tenham por objetivo normatizar e controlar o processo de expansão urbana e seus consequentes efeitos negativos.

Entre os efeitos negativos da expansão urbana, podemos citar o aumento das distâncias médias entre as diversas localidades do município, que tem como

¹⁰ Santoro (2012) considera que existem ao menos cinco etapas de transição de uso do solo rural para urbano (SANTORO, 2012, p. 283): (i) etapa de expectativa de mudança no uso do solo, que influencia o preço das terras localizadas na zona rural, mas próximas da zona urbana; (ii) etapa de alteração no perímetro urbano, cuja ampliação faz com que estas terras passem a situar na zona urbana, mas que, no entanto, ainda permanecem de uso rural e pagando imposto rural (ITR); (iii) etapa de aprovação de loteamento, que dá início a conversão da cobertura e do uso do solo e também para a cobrança do imposto urbano (IPTU); (iv) etapa de parcelamento, implantação da infraestrutura e comercialização dos lotes; (v) etapa de construção das edificações e ocupação.

¹¹ Nesta pesquisa, não será utilizado o termo ‘espalhamento urbano’ que, apesar de ser bastante utilizado e reconhecido na literatura, não possui definições objetivas ou critérios claros sobre o que configura, de fato, um caso de ‘espalhamento urbano’. Ao invés, utilizaremos o termo ‘expansão urbana dispersa’, que é praticamente um sinônimo, com algumas diferenças, conforme veremos no Capítulo 2.

principais consequências: (i) a redução da acessibilidade das áreas residenciais em relação aos equipamentos e serviços públicos urbanos e empregos (EWING, 1997, p. 109); (ii) o aumento do consumo de energia (ex.: combustíveis fósseis) em função de deslocamentos mais longos e através da extensão das redes de infraestrutura, com efeitos sobre o metabolismo urbano e a pegada energética do município (BHATTA, 2010, p. 30). Este último possui repercussões sociais e ambientais associadas, particularmente, ao uso de veículos automotores privados, geradores de poluição atmosférica e sonora, favorecendo problemas na saúde pública e no bem-estar social (BHATTA, 2010, p. 28; KAHN e MILLS, 2006, p. 113).

Também é possível citar o aumento de gastos financeiros para o município, devidos à necessidade de implantação e manutenção das redes de infraestrutura e serviços públicos urbanos em áreas distantes e de baixa densidade populacional, que se traduz em ineficiência energética e financeira (BRAGA, 2001, p. 26). A expansão dispersa e não contígua às áreas já consolidadas configura áreas de baixa densidade populacional, situadas em meio aos vazios urbanos que remanescerão desocupados por muito tempo à espera de valorização (NAKANO, 2004, p. 26).

Pode-se dizer que o novo perímetro urbano avança sobre áreas que, na maioria das vezes, conservam muito de suas características rurais. A valorização decorrente de melhorias realizadas pelo poder público municipal viabiliza a especulação imobiliária nessas áreas (BRAGA, 2001, p. 102). Além disto, os efeitos do espraiamento urbano não se restringem aos limites políticos-administrativos dos municípios, podendo influenciar o crescimento dos municípios próximos e, com o tempo, provocar a conurbação de áreas urbanas próximas.

Para o planejamento do município (das áreas urbanas e rurais) interessa gerenciar o crescimento urbano, controlando a expansão urbana e protegendo espaços abertos e áreas rurais produtivas. As políticas públicas e os instrumentos urbanísticos, através da legislação, permitem estabelecer instrumentos de restrições, incentivos e de preservação da propriedade pública sobre espaços abertos que tenham valor ambiental, cultural ou econômico para a população (BENGSTON, FLETCHER e NELSON, 2004, p. 274). Instrumentos de

planejamento como o perímetro urbano, quando implementados de maneira adequada, também ajudam a mitigar os efeitos da expansão urbana dispersa, ao incentivarem a ocupação de vazios urbanos e restringirem a ocupação de áreas periféricas (KAHN e MILLS, 2006, p. 127).

A expansão urbana envolve mudanças na cobertura do solo e nos padrões espaciais de ocupação do território, razão pela qual, este processo pode ser registrado através do mapeamento das ‘áreas construídas’ (*built-up areas*) (LAMBIN e GEIST, 2001). O termo ‘área construída’ descreve um tipo de cobertura do solo que é caracterizado pela presença de materiais artificiais (ex.: cobertura das edificações, asfalto, concreto, superfícies impermeáveis em geral, etc.) (BHATTA, 2010), possíveis de serem reconhecidas em imagens de satélite em função de sua aparência e forma física. A forma urbana que resulta do conjunto de áreas construídas presentes em uma determinada região é comumente referida na literatura como ‘mancha urbana’ (*urban footprint*).

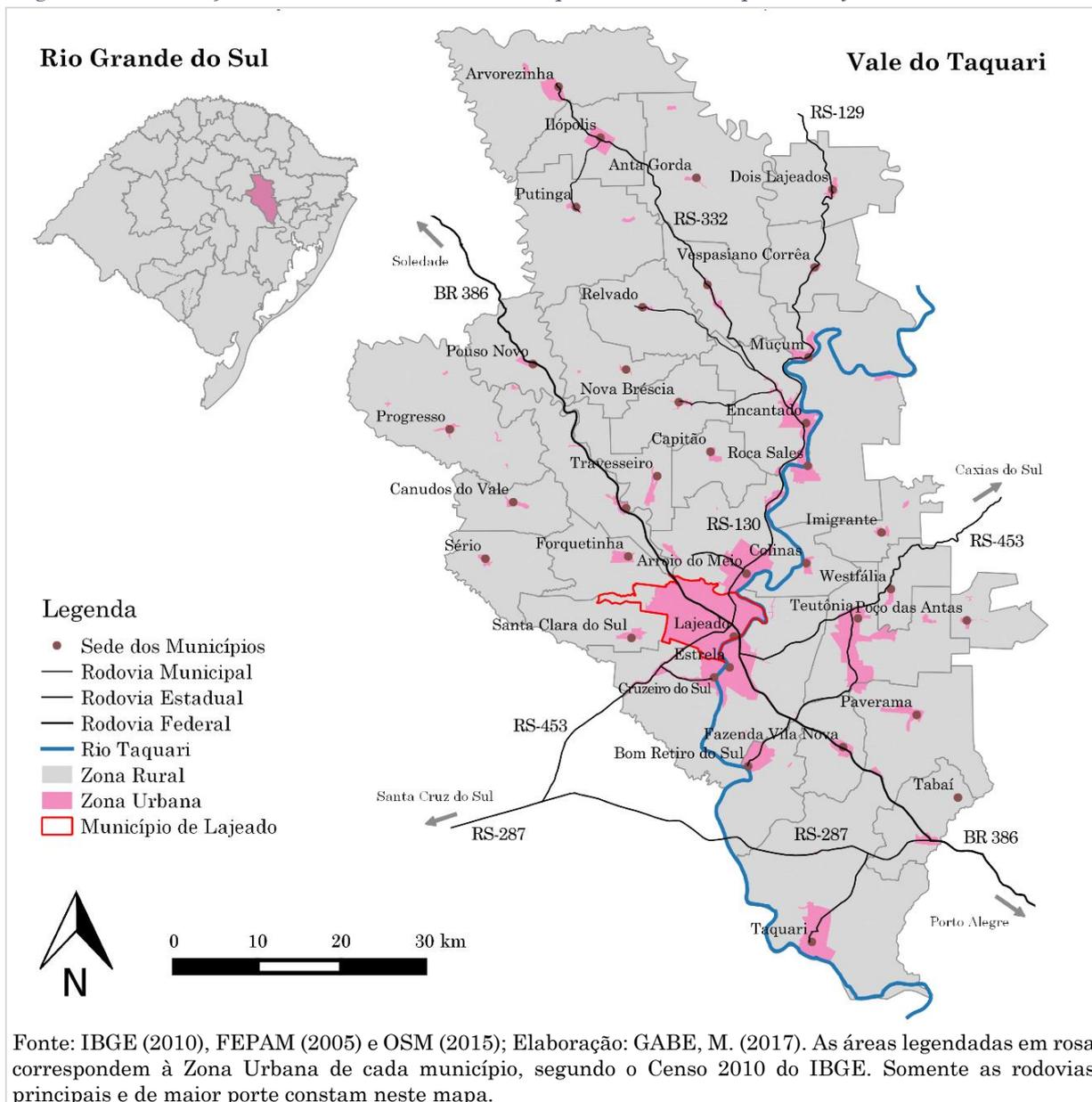
A utilização de procedimentos técnicos para a detecção e análise multitemporal de ‘áreas construídas’ é útil ao planejamento e à gestão urbana, pois gera informações objetivas sobre a evolução destas áreas, permitindo o monitoramento e controle do processo de expansão urbana em municípios e regiões. Existem vários métodos e técnicas para a identificação e mensuração da expansão urbana - principalmente por meio de análises de características formais (geométricas) da mancha urbana, que permitem caracterizar espacialmente o processo de expansão urbana (dispersão, fragmentação, agrupamento, coalescência, etc.).

1.1 | Flexibilização do perímetro urbano em Lajeado / RS |

Dentre os municípios gaúchos que ampliaram o perímetro urbano de forma significativa, o caso de Lajeado se destaca em função do tamanho das ampliações e do curto intervalo de tempo em que estas ocorreram. Lajeado é considerada a

“cidade-sede” do Vale do Taquari¹², possuindo a maior população desta região. A Figura 2, abaixo, apresenta a localização da região do Vale do Taquari e do município de Lajeado, que fica situado na margem direita do Rio Taquari e numa confluência de rodovias importantes.

Figura 2. Localização do COREDE do Vale do Taquari e do município de Lajeado.



¹² Há vários tipos de regionalizações que contemplam o município de Lajeado. A Região do Vale do Taquari foi estabelecida oficialmente no ano 2000 (Decreto nº 40.349/00: divisão territorial como referência para as estruturas administrativas regionais) sendo composto por 36 municípios e detém aproximadamente 3,13% da população do Estado do Rio Grande do Sul (FEE, 2015). Na classificação de micro-regiões do IBGE, o município faz parte da ‘micro-região Lajeado-Estrela’ (IBGE, 2015).

Lajeado se desmembrou de Estrela em 1891 (MÜLLER, 1974, p. 49), município vizinho situado na margem oposta do Rio Taquari. Atualmente, os municípios de Lajeado, Estrela, Arroio do Meio, Cruzeiro do Sul e Colinas praticamente constituem uma “conurbação”, ainda que não o sejam efetivamente, em função do rio Taquari e do arroio Forqueta, que fazem as divisas entre estes municípios.

Para fins de estudo, Lajeado pode ser definida como uma ‘cidade média’ em função de algumas de suas características. Cidades médias possuem uma combinação específica de tamanho demográfico (o ‘porte médio’), de funções urbanas voltadas para a região (papel de intermediação na rede urbana) e organização de seu espaço intra-urbano e desempenham papel importante na rede urbana: “a cidade média é importante nó da rede urbana brasileira e de onde é possível pensá-la como tal” (CORRÊA, 2007). São núcleos urbanos que atuam como centros de referência econômica, política e cultural para uma região circundante, com a qual se conectam através de redes de infraestrutura e articulam os fluxos (de bens, pessoas e informações) tanto entre os núcleos mais próximos, quanto outros mais distantes (SOARES e UEDA, 2007).

Em relação ao tamanho demográfico, a população de Lajeado tem crescido de maneira constante nas últimas quatro décadas, tendo atingido 79.172 habitantes em 2016 e figura como o 28º maior município do Estado do RS (IBGE, 2016). As funções urbanas externas exercidas pelo município têm estreita relação com a localização relativa do município, situado em um importante nó do sistema viário regional, de posição intermediária entre outras cidades importantes do Estado do RS (ex.: Porto Alegre, Santa Cruz do Sul, Caxias do Sul e Soledade). Assim, o município pode ser considerado um “lugar central” na hierarquia urbana regional, constituindo um centro de referência e fornecedor de bens e serviços especializados. Lajeado também possui características de meio inovador, com presença de uma elite empreendedora – existem várias instituições de ensino superior e técnico e empresas exportadoras em Lajeado (SCHEIBE, 2016, p. 158).

A posição geográfica relativa do município - o “fator locacional” – pode auxiliar a explicar sua importância na região em que está situado, desde sua ocupação inicial até os dias atuais. Durante o processo de ocupação inicial de Lajeado, o Rio Taquari era a única via de acesso a essa região e seu porto foi construído na altura do “ponto final da navegação com águas normais” (MÜLLER, 1974, p. 100). Como o porto de Lajeado foi fundamental para o transporte de pessoas e para o escoamento da produção das localidades situadas acima deste ponto do Rio, isto garantiu ao município vantagens devido à localização. O desenvolvimento rodoviário desta região teve início no começo do século XX com a construção de estradas de menor porte e ganhou força a partir da década de 60 em função de fortes investimentos do governo federal relacionados à políticas públicas de desenvolvimento econômico (SCHEIBE, 2016, p. 60). Esse desenvolvimento foi significativo para região, de maneira a “reorientar todo o sistema de intercâmbio regional [...] e as cidades ao longo das rodovias crescem funções em virtude da presença desta” (MÜLLER, 1974, p. 109).

Dentre as rodovias construídas, a de maior importância para o desenvolvimento do município foi a BR-386, concluída no final da década de 60, fazendo a conexão entre Porto Alegre e a região da produção no Nordeste/Noroeste do estado do RS, razão pela qual essa rodovia também ficou conhecida como “Estrada da Produção” (ALVES, 2010, p. 86). Outras rodovias estaduais foram implantadas a partir da década de 70 (ex.: a ERS-453, que liga Venâncio Aires a Caxias do Sul e a ERS-130, entre Lajeado e Encantado), de forma que hoje o município está situado em uma importante confluência do sistema viário regional (ver indicação das rodovias na Figura 2).

Em 2014, o valor do Produto Interno Bruto (PIB) de Lajeado foi de 3,41 bilhões de reais, o maior entre os municípios do Vale do Taquari e o 17º maior entre os municípios do Estado do RS (FEE, 2015). O setor de comércio e serviços possui grande expressão, sendo responsável por 56% da arrecadação de impostos do município (ACIL, 2016). O setor industrial também é importante, possuindo indústrias voltadas ao mercado regional, nacional e internacional, e o valor de

exportações em 2014 foi superior a 90 milhões de dólares (FEE, 2015), montante considerado alto para uma cidade deste porte e desta localização, no país. O setor agrícola em Lajeado, no entanto, é pouco expressivo: segundo dados do IBGE (2010), em 2010, o percentual da área territorial do município com plantação era de 18,75% (aproximadamente 1.700 hectares) e apresentava um valor de produção agrícola avaliado em 1,6 milhão de reais.

No que diz respeito a indicadores sobre a qualidade de vida, o município apresenta resultados positivos (se comparado à média estadual e nacional) em pelo menos dois indicadores. No ranking dos municípios avaliados através do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) em 2015 (que utiliza dados socioeconômicos de 2013), o município ficou em 1º lugar no estadual e 13º lugar no nacional. No índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), Lajeado apresenta, desde o início dos cálculos do indicador, em 1990, “alto” índice de desenvolvimento humano, segundo seus critérios. O desempenho econômico e a presença de diversas instituições de ensino superior e técnico contribui para os resultados positivos que o município tem obtido. A Tabela 1, abaixo, contém o perfil socioeconômico do município, resumido e com os dados mais atualizados disponíveis no momento.

Tabela 1. Perfil socioeconômico do município de Lajeado / RS

Indicador	Valor	Ano Ref.	Fonte
População	79.172 habitantes	2016	IBGE
Área Município	91,16 km ²	2016	IBGE
Densidade Populacional	793 habitantes por hectare	2016	IBGE
Número de Domicílios	24.956 domicílios	2010	IBGE
PIB	R\$ 3,241 bilhões (17º no RS)	2014	FEE
PIB per capita	R\$ 41.682,22	2014	FEE
Exportações Totais	U\$ 90.537.533,00	2014	FEE
Receita Corrente	R\$ 227,2 milhões	2014	SEBRAE
Despesa Corrente	R\$ 199,6 milhões	2014	SEBRAE
População Ativa	58.521 habitantes (78%)	2015	SEBRAE
Pessoal Ocupado Total	43.248 habitantes	2014	IBGE
Empresas	8.006 empresas	2015	SEBRAE
Potencial de Consumo Urbano	R\$ 2,255 milhões (19º no RS)	2016	SEBRAE
Índice Desen. Socioeconômico	Alto (26º no RS)	2013	IDESE
Índice Desen. Humano FIRJAN	Alto (1º no RS)	2015	FIRJAN

Fonte: informações obtidas através dos bancos de dados estatísticos disponibilizados pelas instituições mencionadas na coluna ‘fonte’.

Esse conjunto de informações apresentados aqui sobre o município tem o objetivo de demonstrar alguns fatores que podem estar associados ao crescimento urbano significativo de Lajeado. O crescente aumento de sua população e o expressivo desenvolvimento econômico desde a década de 90, são aspectos reconhecidos, e que têm sido abordados em estudos com temas que são, de alguma forma, relacionados ao processo de crescimento urbano do município (Cf. MÜLLER, 1974; SELHORST, et al., 2000; ALVES, 2010; SILVEIRA, et al., 2014; BERGAMASCHI, 2014; SCHEIBE, 2016). Alguns destes estudos observaram que o município apresentou ampliações significativas do perímetro urbano (ALVES, 2010, p. 51; SELHORST, et al., 2000) e que seu padrão de expansão urbana e ocupação do território, através da implantação de novos condomínios e loteamentos, tem ocorrido de maneira dispersa (SILVEIRA, et al., 2014, p. 48; PALMA, RODRIGUES e BOZZETTI, 2014, p. 96; CAMPOS, et al., 2014, p. 148).

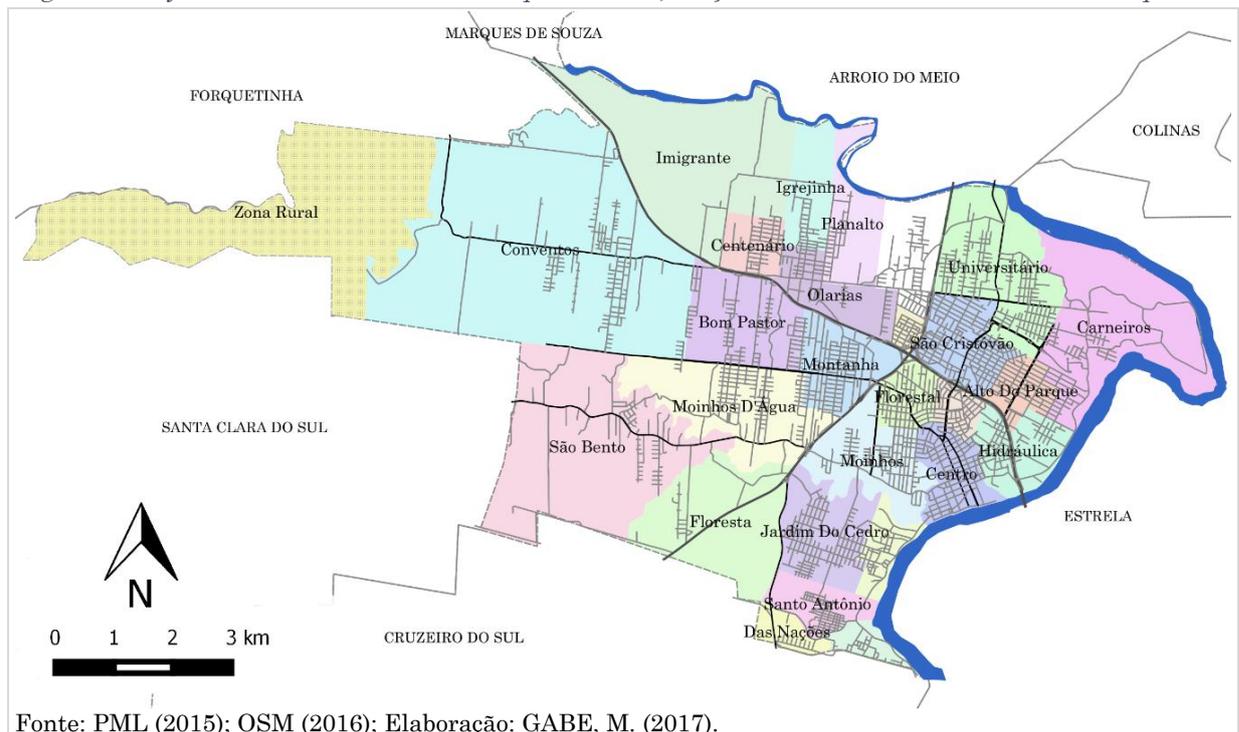
O primeiro perímetro urbano de Lajeado foi definido pela Lei de Zoneamento de 1974 (Lei Municipal nº 2732/74), no mesmo ano da aprovação do primeiro Plano Diretor do município, elaborado pela SERFHAU (BERGAMASCHI, 2014, p. 123; ALVES, 2010, p. 61). O perímetro urbano estabelecido possuía uma área de abrangência de 28km² e que, na época, superava os espaços já urbanizados e consolidados (SELHORST, et al., 2000, p. 5).

Na década de 70, a recém construída rodovia BR-386 favoreceu a valorização de áreas localizadas próximas ou bem conectadas à ela, e foram criados novos loteamentos em áreas periféricas, no limite da zona urbana da época, nos atuais bairros Montanha e Santo Antônio (ver Figura 3, p. 37). Segundo Selhorst, a expansão urbana não contígua às áreas já consolidadas criou “novas localizações”, distantes e isoladas do núcleo principal, que favoreceram a prática da “especulação imobiliária através da valorização dos interstícios” (SELHORST, et al., 2000).

Na década de 90, duas ampliações significativas do perímetro urbano viriam a resultar na eliminação de enorme parcela da Zona Rural do município. A primeira ampliação, em 1992, ocorreu junto com a revisão do Plano Diretor, alterando a área da Zona Urbana de 28 km² para 41 km² (crescimento de 46%). A

segunda, em 1998, quando o perímetro foi alterado sem revisão do Plano Diretor e como resultado, a área da Zona Urbana teve sua dimensão praticamente dobrada, passando para 78 km² (crescimento de 88%) (ibid.). Esse é o período em que se identificou a prática denominada de “flexibilização do perímetro urbano”. Houve mais uma alteração do perímetro em 2006 e, atualmente, Lajeado apresenta 90% de sua área territorial municipal urbana e onde reside 99% de sua população.

Figura 3. Lajeado/RS: Divisão territorial por bairros, traçado viário e Zona Rural do município.

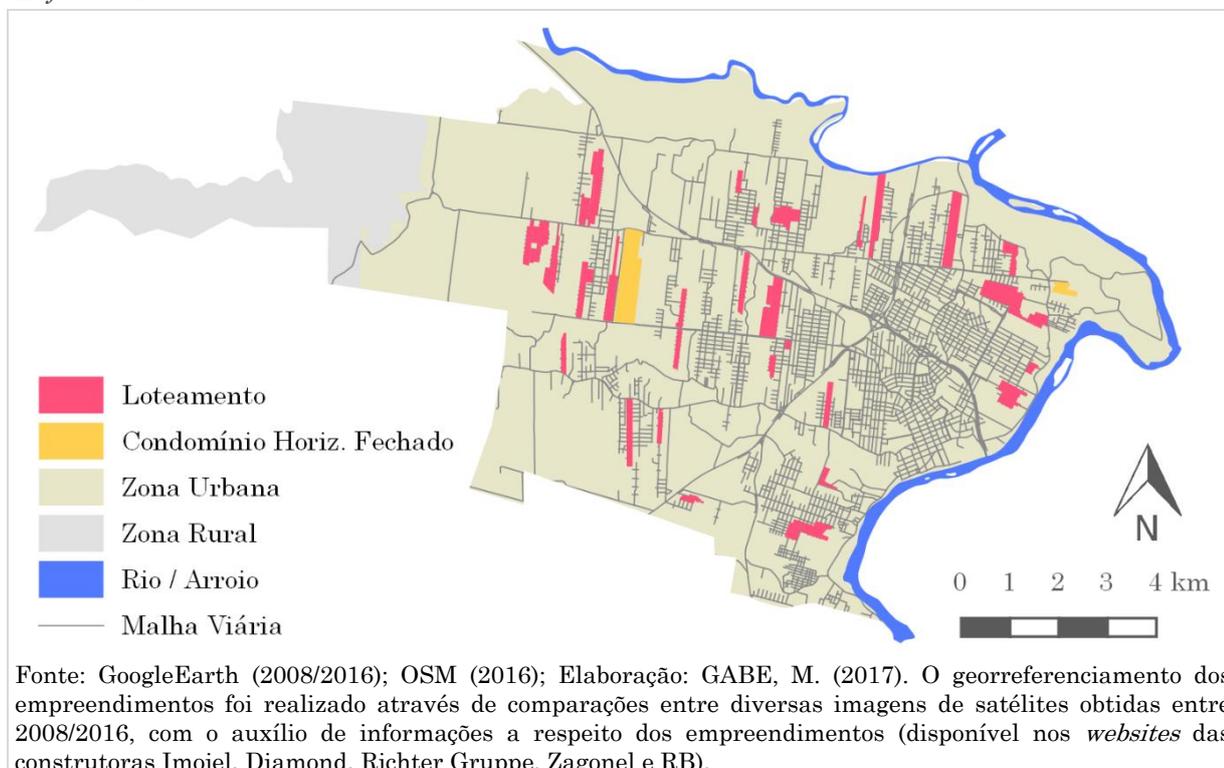


Fonte: PML (2015); OSM (2016); Elaboração: GABE, M. (2017).

A expansão urbana do município de Lajeado chama atenção pelo seu rápido desenvolvimento, ocorrido através de vários novos loteamentos e condomínios, e por sua “extensão”, avançando em todas as direções e abrangendo uma vasta área do município, inclusive áreas que ainda conservam características e usos predominantemente rurais. Silveira et al. (2014, p. 48) observa esta característica da expansão de Lajeado, ao concluir que os loteamentos construídos no município na década de 90 foram implantados de “forma descontínua e cada vez mais dispersa na malha urbana municipal”.

A Figura 4, abaixo, apresenta o levantamento parcial¹³ da localização dos loteamentos e condomínios horizontais fechados situados na Zona Urbana de Lajeado, implantados no período entre 2008 e 2016. Neste período, foram identificados 39 loteamentos e 2 condomínios fechados, realizados por 5 incorporadoras diferentes. O bairro Conventos, que é o mais próximo da atual Zona Rural de Lajeado, foi o que apresentou a maior concentração de empreendimentos, com nove loteamentos e um grande condomínio fechado que, sozinho, totaliza 56 hectares de extensão (empreendido pela incorporadora Imojel).

Figura 4. Localização dos loteamentos e condomínios fechados implantados entre 2006 e 2016 em Lajeado / RS.



Dentre os empreendimentos levantados, foram identificados condomínios horizontais fechados e loteamentos ‘exclusivos’ (dotados de requisitos mínimos de metragem para as moradias) voltados para a população de alto poder aquisitivo, e

¹³ Com base em dados da Prefeitura Municipal de Lajeado, entre 2008 e 2012, foram aprovados 59 loteamentos no município (BERGAMASCHI, 2014, p. 121). Isso indica que o mapa da Figura 4, elaborado nas etapas iniciais da pesquisa para compreender melhor o padrão recente de implantação dos loteamentos, não identificou todos os loteamentos existentes ou, que alguns mesmo aprovados, não foram construídos.

que, em sua comercialização, divulgam a ‘paisagem rural’ como um fator “diferencial” do empreendimento. Foram identificados, também, loteamentos voltados para a população de menor poder aquisitivo, dotados de poucas ‘melhorias urbanísticas’, por exemplo, sem existência de meio-fio, de pavimentação, de passeio público e de drenagem pluvial (exemplos na Figura 5, abaixo).

Figura 5. Fotografia de loteamentos implantados em Lajeado / RS, no período analisado.



Esses empreendimentos de baixa qualidade urbanística são, usualmente, implantados em áreas do município onde a presença de infraestrutura e serviços urbanos é praticamente inexistente. As imagens aéreas na Figura 6 (p. seguinte), apresentam dois loteamentos implantados pela incorporadora Imojel, ambos situados em bairros de características predominantemente rurais (bairros São Bento e Conventos). É possível observar nessas imagens, que existem poucas moradias no entorno (baixa densidade populacional), mas existe muita área utilizada com atividades agrícolas/silvícolas e áreas cobertas por vegetação nativa.

Figura 6. Fotografias aéreas de loteamentos implantados em áreas periféricas de Lajeado / RS.



Fonte: IMOJEL (2016); Elaboração: GABE, M. (2017); Foto à esquerda: Loteamento 'Hagemann' no bairro São Bento; Foto à direita: Loteamentos 'Portal dos Conventos' e 'Germânia' no bairro Conventos (loteamento que aparece no canto superior esquerdo da imagem e na foto B e C da Figura 5);

A implantação destes loteamentos favorece a expansão dispersa e “incompleta” via especulação imobiliária, que mantém áreas vazias ou subutilizadas, à espera de valorização futura proveniente de melhorias que serão executadas pelo poder público. Conforme informações da Prefeitura, existiam em 2015 aproximadamente 120 projetos de loteamentos aguardando aprovação do poder público municipal (A HORA, 2015), quantidade significativa considerando que os loteamentos construídos recentemente permanecem pouco ocupados.

Em setembro de 2015, o município aprovou a Lei Municipal 9.964/15 que alterou o Plano Diretor em vigência, adicionando uma série de exigências para a implantação de novos loteamentos, tais como: (i) garantir as redes de abastecimento de água, coleta de água pluvial, serviços de esgoto, energia elétrica, iluminação pública, gás, pavimentação e comunicação; (ii) devem ser destinadas áreas para lazer, implantação de instituições de ensino e saúde, além de áreas de preservação permanente (LAJEADO, 2015). Até o momento da elaboração deste trabalho, não haviam informações disponíveis a respeito dos efeitos práticos dessa norma sobre os projetos de loteamentos aguardando aprovação.

Apesar de o rápido crescimento populacional e urbano proporcionar melhorias econômicas para o município no curto prazo (o que também favorece melhorias sociais), a longo prazo, pode haver efeitos socioambientais indesejáveis

relacionados ao aumento das atividades humanas e das pressões sobre o ambiente natural. Os efeitos são aqueles usualmente associados ao processo de expansão urbana dispersa, descritos anteriormente.

Até aqui, foram apresentadas algumas evidências que apontam vários problemas associados à flexibilização do perímetro urbano e o subsequente processo de expansão urbana dispersa no município de Lajeado. São práticas e processos que atuam sobre aspectos sociais, econômicos e ambientais do município, repercutindo na qualidade de vida e no bem-estar da população sendo, portanto, de fundamental relevância nas considerações do planejamento urbano, da legislação e das políticas públicas.

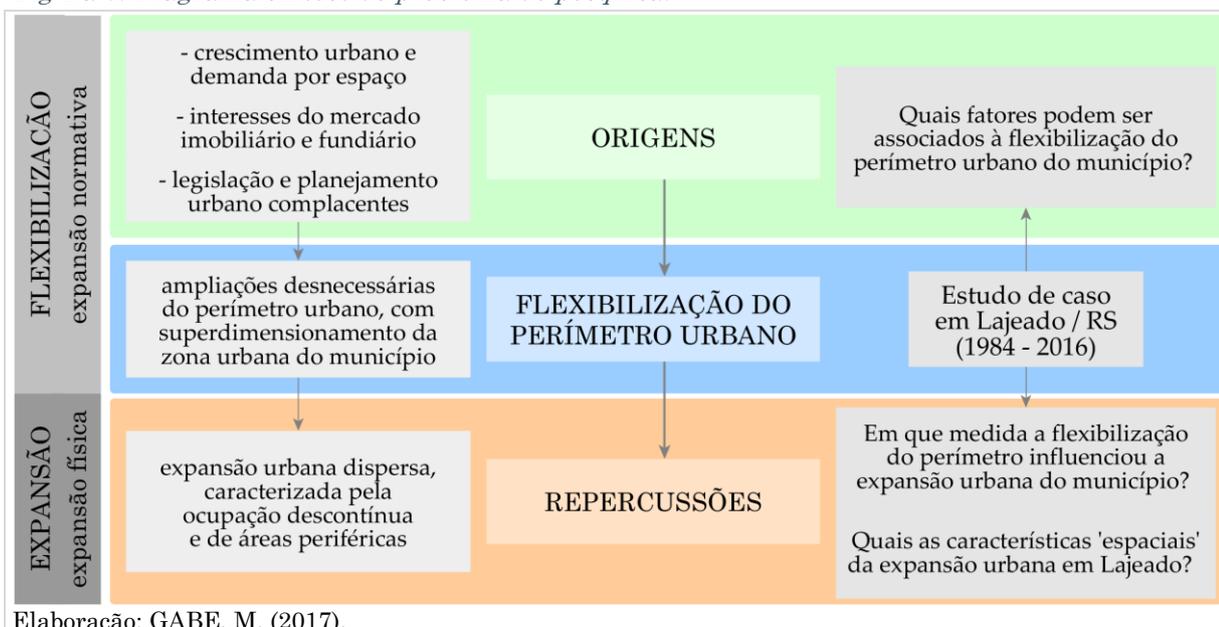
1.2| Problema de pesquisa |

Até aqui, vimos que a flexibilização consiste na ampliação exagerada e desnecessária dos perímetros urbanos por parte dos municípios. Consideramos que a ampliação é desnecessária pois não ocorre apenas em função de necessidade de mais área passível de urbanização para acomodar o crescimento populacional, e que, embora em conformidade com a legislação vigente, ocorre por pressão de interesses fundiários e imobiliários, associado a práticas ineficientes e complacentes de planejamento urbano.

Como resultado da flexibilização, ocorre a conformação de uma zona urbana superdimensionada onde novas localizações periféricas são criadas, induzindo ao crescimento urbano horizontal: a expansão urbana. Esta tende a ser difusa, fragmentada e incompleta, eventualmente configurando um processo de expansão urbana dispersa que, em função de suas características, pode impactar negativamente sobre diversos aspectos do município, tais como, a localização, a acessibilidade e demais condições econômicas e socioambientais. A expansão urbana dispersa e a alteração do regime de uso do solo têm influência inclusive sobre a produção agrícola do município.

O tema central da pesquisa é a flexibilização do perímetro urbano, prática que será investigada através de uma leitura que parte de suas ‘origens’ e avança na direção de suas ‘repercussões’ no processo de expansão urbana do município. O problema central que direciona a pesquisa é investigar as relações entre a prática de flexibilização do perímetro (a expansão normativa) e o processo de expansão urbana (crescimento físico, que produz e incorpora novas áreas). A hipótese desta pesquisa é que a flexibilização do perímetro urbano resulta no superdimensionamento da ‘zona urbana’, propiciando condições para a expansão urbana dispersa. Esta sequência de eventos foi representada de forma esquemática, conforme indicado no diagrama da Figura 7, abaixo.

Figura 7. Diagrama síntese do problema de pesquisa.



O estudo sobre as ‘origens’ da flexibilização, procura identificar quais fatores podem estar associados às ampliações exageradas do perímetro urbano em Lajeado, especialmente na década de 90. Inicialmente, a pesquisa reconhece que o crescimento urbano e a subsequente demanda por espaço são fatores significativos, e precisam ser examinados em função de sua relação com a expansão urbana. Nesse sentido, é preciso investigar se as ampliações do perímetro urbano de Lajeado podem ser justificadas pelo crescimento urbano (ex.: crescimento

populacional e econômico, aumento do número de empresas) ou, se houve um dimensionamento exagerado da zona urbana.

Outro fator importante é a legislação urbana, que viabiliza condições para a prática de flexibilização e que é examinada nesta pesquisa considerando seu conteúdo (os instrumentos previstos) e seus efeitos (as permissões, restrições e omissões) sobre o perímetro urbano, o planejamento do município e a expansão urbana. O mercado imobiliário e fundiário, e suas relações envolvendo “práticas clientelistas” com o poder público municipal, é reconhecido pela pesquisa como um fator significativo, capaz de levar à ampliação desnecessária do perímetro, porém, não será um tema diretamente investigado neste trabalho.

Para essa parte do estudo é necessária uma abordagem metodológica que considere um contexto mais amplo, já que este tema envolve normas e diretrizes definidas em leis federais e de conjunturas políticas e econômicas em diversas escalas. Estes aspectos são examinados na pesquisa através de uma abordagem teórica, focada no caso dos municípios brasileiros em geral e, fazendo breves associações com o caso de Lajeado (ex.: planos diretores do município).

O estudo sobre as ‘repercussões’, por sua vez, examina em que medida a flexibilização do perímetro influenciou a expansão urbana do município e quais as características espaciais desse processo. Para isso é estudada a evolução¹⁴ da expansão urbana do município, associando com a evolução do crescimento urbano e do traçado do perímetro urbano. Para esta parte do estudo é necessária uma abordagem empírica (estudo de caso). Isto significa que, considerando que o perímetro urbano é uma lei de responsabilidade do município, para estudar as repercussões de sua ampliação sobre a expansão urbana, faz-se necessário um recorte espacial focado na escala do município.

Para o estudo de caso, então, a pesquisa desenvolve uma análise de Lajeado / RS, no período de 1984 a 2016¹⁵. A escolha de Lajeado se deu em função de alguns fatores mencionados anteriormente, como a dimensão das ampliações do perímetro

¹⁴ Foram utilizadas nesta pesquisa, abordagens analíticas que tem por base o exame da ‘evolução’ de certas variáveis, no tempo e no espaço, e que serão referidas, daqui em diante, como ‘estudo de evolução’.

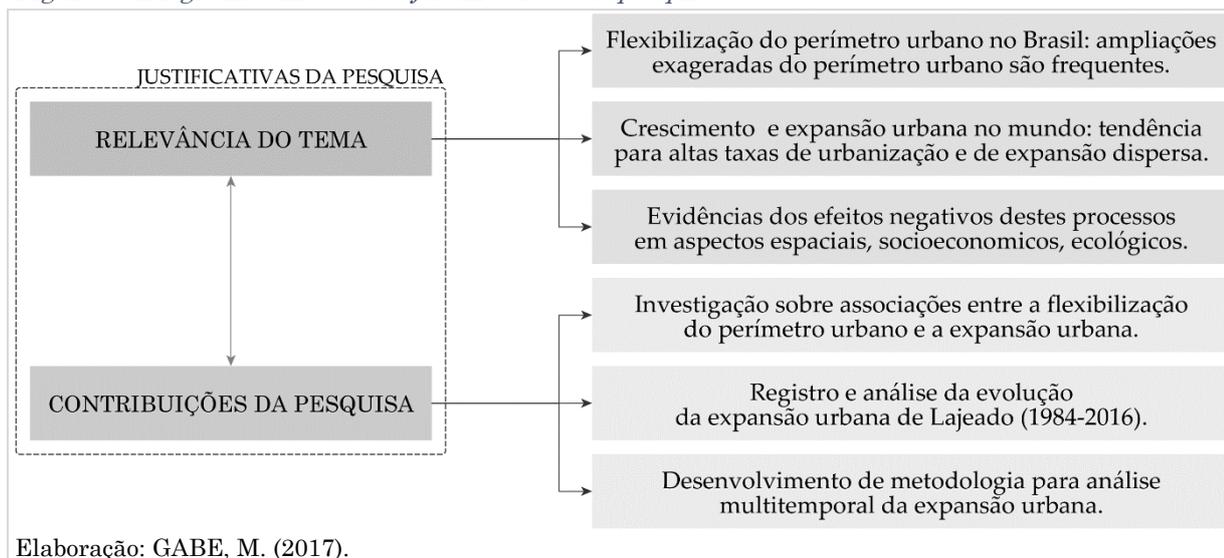
¹⁵ Os motivos que levaram a definição deste recorte temporal serão explicados no próximo subcapítulo.

e, também, pelo evidente e intenso processo de crescimento e expansão urbana que o município tem apresentado nas últimas décadas.

1.3| Justificativas |

Este trabalho é justificado, por um lado, devido à relevância que o tema da pesquisa tem junto a discussões atuais e importantes sobre perímetro urbano, na relação urbano-rural e nos reflexos ecológicos a isto associados e, por outro lado, pelas contribuições que a pesquisa pode trazer à lacuna do conhecimento aí existente (ver Figura 8 abaixo).

Figura 8. Diagrama síntese das justificativas da pesquisa



A respeito da relevância do tema, três aspectos merecem destaque. O primeiro aspecto, diz respeito à prática de flexibilização do perímetro urbano, que tem ocorrido nos municípios brasileiros, cuja importância e relevância já foi abordado no início deste capítulo.

O segundo aspecto, diz respeito ao processo de urbanização, que é um fenômeno global e cuja taxa de crescimento atual é considerada sem precedentes na história da humanidade (SETO, et al., 2011, p. 6) e prognósticos para as próximas décadas apontam a tendência a essa continuidade (LAMBIN e GEIST,

2001, p. 151) ONU-WUP, 2014, p.). Como consequência dessa urbanização intensa, tem sido relatado o crescimento e a expansão dispersa das áreas urbanas, processo que deve ter continuidade nas próximas décadas, conforme indicam estudos de abrangência global (ANGEL, et al., 2010, p. 77) e regional (para a América Latina ver (INOSTROZA, BAUR e CSAPLOVICS, 2013, p. 96).

O último aspecto destacado aqui, são as consequências destes processos em diversos aspectos socioambientais, questões importantes que são abordadas a partir de diversas dimensões: ecológica (impactos sobre a biodiversidade e os recursos naturais), climáticos (emissões de gases de efeito estufa e aquecimento global, ilhas de calor urbanas), socioeconômica (segurança alimentar, êxodo rural, epidemias e doenças, ineficiência energética e financeira) e espacial (SETO, PARNELL e ELMQVIST, 2013, p. 8; FOLEY, et al., 2005, p. 573).

Existem muitos estudos e debates sobre os processos recentes de urbanização e suas tendências futuras (WANG, et al., 2012, p. 308). São estudos sobre a expansão urbana e o espalhamento urbano, as mudanças no uso e na ocupação do solo e os padrões e processos que afetam a dimensão socioambiental. No entanto, a identificação das lacunas do conhecimento surge quando buscamos compreender as origens da prática de flexibilização e suas repercussões sobre o município por diversos aspectos. Verifica-se, então, que estudos sobre o perímetro urbano no Brasil são escassos e relativamente recentes (TAVARES, 2003; SPAROVEK, 2004; NAKANO, 2004; REIS, 2005; SANTORO, 2014). Não foram identificados estudos brasileiros que discorram sobre os reflexos e as repercussões ambientais, espaciais, econômicas e sociais que possam ser decorrentes e/ou associados à flexibilização do perímetro urbano.

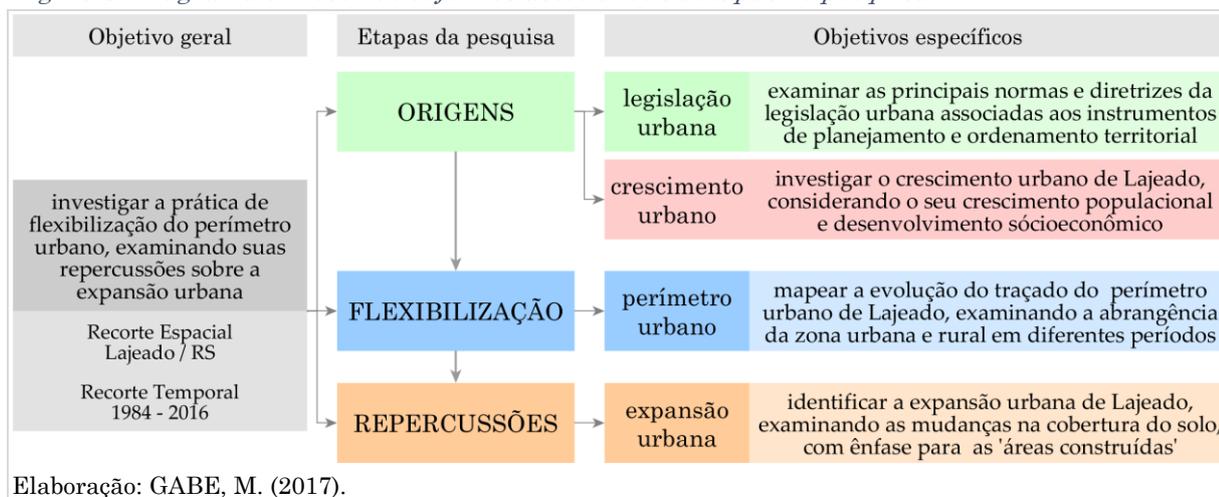
Especificamente sobre Lajeado, verifica-se que estudos sobre a evolução urbana do município foram desenvolvidos por Müller (1974), até a década de 70 e, por Selhorst (2000) até o ano 2000 e, embora estudos urbanos de outras ordens tenham sido realizados (ALVES, 2010; SCHEIBE, 2016; BERGAMASCHI, 2014), faltam estudos que considerem o processo recente da expansão urbana do

município, especialmente associados à flexibilização do perímetro urbano, que ocorreu na década de 90.

1.4 | Objetivos |

A presente pesquisa desenvolve um estudo de caso em Lajeado / RS, no período entre 1984 e 2016, com o objetivo geral de investigar as ‘origens’ da flexibilização do perímetro urbano e, posteriormente, examinar suas ‘repercussões’ sobre a expansão urbana do município. Para atingir este objetivo são desenvolvidas três direções de investigações, que correspondem às etapas da pesquisa (ver Figura 9, abaixo). Os objetivos específicos buscam complementar o objetivo geral e estão relacionados com as análises desenvolvidas para cada direção de investigação, na obtenção de produtos e resultados do trabalho.

Figura 9. Diagrama síntese dos objetivos associados às etapas de pesquisa.



O objetivo da primeira etapa da pesquisa (‘origens’) é identificar os fatores associados à flexibilização do perímetro urbano em Lajeado, considerando à legislação urbana, os instrumentos de planejamento urbano e o crescimento urbano do município. Os objetivos específicos dessa etapa são:

- a. Desenvolver uma revisão teórica dos principais temas e conceitos, com base nos autores selecionados para a pesquisa. Assim, é estabelecida a fundamentação teórica necessária à elaboração da pesquisa. O conteúdo dessa revisão será especificado no subcapítulo 1.6 (Metodologia).
- b. Investigar as principais normas e diretrizes da ‘legislação urbanística’ brasileira que estão diretamente relacionadas às políticas públicas urbanas, ao planejamento urbano e aos instrumentos urbanísticos (incluindo o ‘Plano Diretor’ e a ‘Lei do Perímetro Urbano’). A relação das leis investigadas também será especificada no subcapítulo 1.6.
- c. Investigar o crescimento urbano de Lajeado, através da análise multi-temporal de indicadores de crescimento urbano, focando no ‘tamanho populacional’ e no ‘desenvolvimento socioeconômico’ do município, com o objetivo de estabelecer o perfil de crescimento urbano do município. Para esta análise foram selecionadas cinco datas a ser examinadas (1992, 1998, 2004, 2010 e 2016), em função dos dados disponíveis.

O objetivo da segunda etapa da pesquisa (‘flexibilização’) é examinar a evolução do perímetro urbano no município, analisando as ampliações ocorridas e os vetores de expansão. O objetivo específico dessa etapa é mapear a evolução do perímetro urbano de Lajeado, através das alterações do traçado do perímetro do município em diversos períodos (1974, 1992, 1998 e 2006).

O objetivo da terceira etapa (‘repercussões’) é investigar a expansão urbana de Lajeado, através de análises multi-temporais de mapas temáticos de cobertura do solo e das ‘áreas construídas’ (mancha urbana). Os objetivos específicos para essa etapa são:

- a. Produzir os mapas temáticos de cobertura do solo e da mancha urbana do município para as datas selecionadas pela pesquisa (1984, 1992, 1998, 2004, 2010 e 2016).

- b. Identificar e caracterizar a expansão urbana de Lajeado, através da análise da evolução da mancha urbana, tendo por referência o conjunto multi-temporal de mapas obtidos para Lajeado e utilizando um conjunto de métodos de análises estatísticas espaciais e descritivas.

Embora distintas estratégias metodológicas tenham sido desenvolvidas para a realização da pesquisa, o aprofundamento do estudo levou à estruturação de um certo “método analítico para a verificação da expansão urbana” que se torna um objetivo, como produto do trabalho de pesquisa, embora não tenha sido um objetivo inicial do trabalho. Esta questão será retomada no último capítulo da dissertação, nas conclusões.

1.5| Delimitações e recortes |

Parte significativa das atividades desenvolvidas nesta pesquisa tem seu recorte espacial definido de maneira a abranger apenas o território político-administrativo atual do município de Lajeado. Os limites do município passaram por grandes mudanças desde o ano de sua criação (desmembrou-se de Estrela em 1891) até 2001, quando ocorreu o último desmembramento (ver Anexo 1 e 2, p. 193). Nesse período a área do município variou, diminuindo de quase 3 mil km² para 90 km² ou seja, uma redução em mais de 30 vezes do seu tamanho original.

Para estabelecer os recortes temporais é importante atentar para o fato que já existem duas periodizações históricas para estudo da evolução urbana do município de Lajeado, que podem, inclusive, ser associadas (ver Tabela 2). O estudo mais antigo é o de Müller (1974), intitulado “Crescimento Urbano”, o qual considera o crescimento do município desde sua fundação até 1970, dividindo-o em cinco períodos. O estudo mais recente é de Selhorst et al. (2000), “Perfil Físico Urbanístico da Cidade de Lajeado” e, contempla desde a fundação até o ano 2000, dividindo-o em seis períodos.

Tabela 2. Periodizações existentes para o município de Lajeado.

MÜLLER (1974)		SELHORST et al. (2000)	
NOME	DATA	NOME	DATA
1º Período	da formação até 1860	1º Período	da formação até 1898
2º Período	1860 a 1890	-	-
3º Período	1891 a 1940/50	2º Período	1898 a 1953
4º Período	1940/50 a 1970	3º Período	1953 a 1969
5º Período	a partir de 1970	4º Período	1970 a 1979
-	-	5º Período	1980 a 1989
		6º Período	1990 a 1999

Fonte: MÜLLER (1974); SELHORST (2000);

Ambos os estudos são relevantes e importantes referências para investigações sobre o crescimento e a evolução urbana do município, razão pela qual essas periodizações são utilizadas na pesquisa. Assim, investiga-se os processos que ocorrem em Lajeado, no período entre os anos 70 até hoje (e que corresponderia aos períodos 4, 5, e 6 do processo de urbanização de Lajeado, proposto por Selhorst (2000) ou períodos 3, 4 e 5 na classificação de Müller (1974) (ver Tabela 3 abaixo), e avança-se no período após o ano 2000 (o sétimo período¹⁶), que não é tratado por aqueles autores e que nos interessa particularmente, sendo portanto o foco principal das análises aqui apresentadas.

As periodizações do recorte temporal foram definidas de maneira a compatibilizar com a disponibilidade de informações, especialmente em relação às imagens de sensoriamento que são utilizadas na produção dos mapas da ‘mancha urbana’ do município. Acontecimentos que são importantes para a investigação do município (mudanças de perímetro urbano, desmembramento, promulgação de leis, datas dos censos, etc.) consistem nos principais critérios utilizados para definir os recortes temporais.

¹⁶ Silveira et al. (2014, p. 50), em seu estudo sobre a “expansão da estrutura urbana” de Lajeado, adota a classificação de Selhorst (2000) e também avança na direção do ‘sétimo período’ (2000 a 2010).

Tabela 3. Síntese dos recortes temporais utilizados na pesquisa.

Recorte Temp.	Ano	Censo IBGE	Sens. Remoto	Mud. Perímetro	Plano Diretor	Desmemb.	Class. MÜLLER	Class. SELHORST	Class. Adotada
	1964						4º Período	3º Período	4º Período
	1974						5º Período	4º Período	5º Período
T1	1984	--						5º Período	6º Período
	1989								
	1991								
T2	1992	91				89		6º Período	
	1993								
	1997								
T3	1998	00			92	97			
	2000								
	2001								
T4	2004	--		98	92	01			7º Período
	2006								
T5	2010			06	06	01			
T6	2016	--		06	06	01			

1.6| Metodologia

Para atingir os objetivos da pesquisa, diversos métodos de obtenção, análise e representação de informações e resultados foram necessários. O objetivo da metodologia é descrever os procedimentos adotados no desenvolvimento das etapas da pesquisa e suas investigações associadas, fornecendo informações relevantes como, por exemplo, a natureza dos procedimentos, justificativas para sua utilização e limitações existentes.

As investigações desenvolvidas levaram à elaboração de uma metodologia de análise fundamentada em técnicas de SIG, que buscou consolidar as análises teóricas, a observação do local e o estudo da legislação, através do estudo técnico – via gráficos, painéis, tabelas, classificações – e que procurou validar e subsidiar as elaborações e conclusões.

Tendo por referência os objetivos da pesquisa, descritos anteriormente, a pesquisa desenvolveu diversas investigações através de diferentes métodos de análise, resumidas em três direções de investigação (Figura 10, abaixo).

Figura 10. Diagrama síntese da metodologia da pesquisa associada aos objetivos principais.

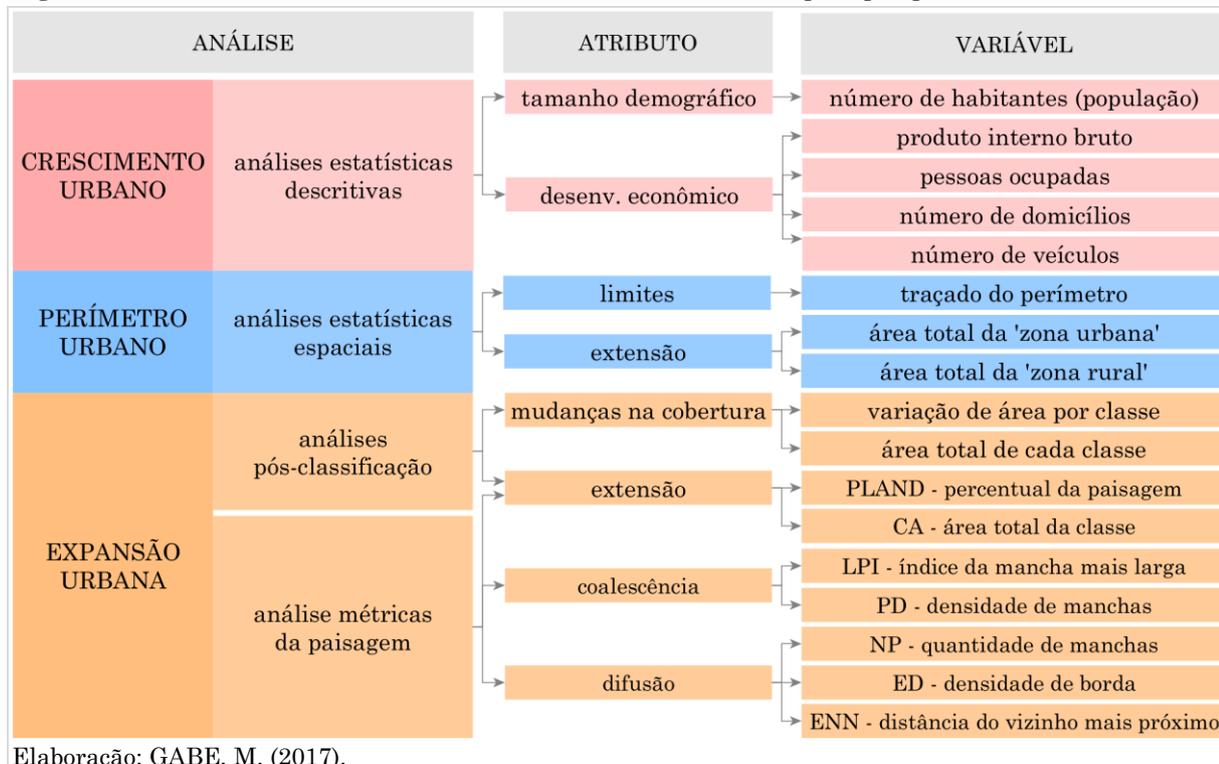


A investigação sobre a legislação e os instrumentos de planejamento urbano será feita no Capítulo 2 (revisão teórica-conceitual) e as análises desenvolvidas nessa etapa são fundamentadas no exame do conteúdo da legislação e em apontamentos realizados por autores selecionados. A relação 'urbano-rural', aspectos teóricos do crescimento e da expansão urbana e outros temas relacionados à legislação e ao perímetro urbano, também são abordados no Capítulo 2.

Na investigação sobre o crescimento urbano é examinada através da evolução de indicadores socioeconômicos relacionados ao 'tamanho demográfico' e ao 'desenvolvimento econômico' do município (as variáveis selecionadas estão resumidas na Figura 11, abaixo). Os dados necessários para essa análise foram obtidos através de bancos de dados estatísticos (ex.: Censos IBGE) e são

examinados através de métodos de análise estatística descritivas, implementados com auxílio de *softwares* de planilhas eletrônicas e de representação gráfica.

Figura 11. Resumo dos métodos e variáveis de análise adotadas pela pesquisa.



Para investigar as alterações no perímetro urbano, procedimentos de geoprocessamento e de georreferenciamento são utilizados na identificação do traçado dos perímetros urbanos para diferentes períodos, utilizando imagens de satélite e mapas digitalizados de referência. Com base no traçado do perímetro urbano são examinadas as transformações ocorridas nos limites do perímetro e na área total da 'zona urbana' e da 'zona rural' do município. As transformações ocorridas são examinadas através de métodos de análise estatística e espaciais, implementados com auxílio de *softwares* SIG.

As análises da expansão urbana de Lajeado são feitas com base em conjuntos multi-temporais de mapas temáticos de cobertura do solo e de 'áreas construídas', obtidos através de técnicas de classificação de imagens de sensoriamento remoto. Os mapas de cobertura do solo são úteis para identificar os

diferentes tipos de material que cobrem a superfície do município (água, vegetação, área construída, etc.) e examinar as mudanças que ocorrem ao longo do tempo. Os mapas de ‘área construída’ são utilizados para o desenvolvimento de ‘análises métricas da paisagem’ que permitem, segundo apontam autores (DIETZEL, et al., 2005; HEROLD, et al., 2005), avaliar e quantificar a evolução de estruturas e padrões espaciais, incluindo a expansão urbana. As ‘análises métricas da paisagem’ têm sido cada vez mais utilizadas para avaliações de dinâmicas espaço-temporais urbanas, especialmente em estudos da Ecologia da Paisagem, Geografia e Planejamento Urbano e Regional (DIETZEL, et al., 2005, p. 177; HEROLD, COUCLELIS e CLARKE, 2005, p. 371).

Para avaliar as características do processo de expansão urbana em Lajeado no período investigado, esta pesquisa adota o método de análise de expansão urbana elaborado por Dietzel et al. (2005), que é baseado em uma hipótese de que “a evolução espacial de áreas urbanas oscila entre a difusão e coalescência de áreas urbanas individuais em relação a um núcleo urbano central” e este processo pode ser detectado e mensurado através de análises espaciais, utilizando as métricas da paisagem. A relação do conjunto de métricas selecionado para utilização neste estudo consta na Figura 11 (p. 52). Essa investigação sobre a expansão urbana envolve diversos procedimentos e que requerem descrições mais aprofundadas, o que será realizado no Capítulo 3 da dissertação.

1.7| Estrutura da Dissertação |

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos, conforme está apresentado na Tabela 4 (página seguinte) O primeiro capítulo é a introdução ao trabalho, e contém a definição dos principais aspectos desta pesquisa e o resumo das questões que serão abordadas no decorrer do trabalho. Os três capítulos seguintes (capítulos 2, 3 e 4) correspondem às etapas de desenvolvimento (teórico e prático) desta pesquisa.

O segundo capítulo abrange a revisão teórica-conceitual da pesquisa, que está centrada na problemática da relação ‘urbano/rural’, decorrente de questionamentos relacionados ao tema da flexibilização do perímetro urbano e à expansão urbana. Também são abordados conceitos sobre o espaço urbano, os processos de crescimento e expansão urbana, e sobre a legislação e os instrumentos urbanísticos.

O terceiro capítulo descreve a metodologia prática da pesquisa, considerando os métodos e procedimentos utilizados para a produção dos mapas de cobertura do solo e da mancha urbana de Lajeado e para o desenvolvimento das análises pós classificação e análises métricas da paisagem, utilizados para examinar as transformações na cobertura do solo e a expansão urbana de Lajeado.

Tabela 4. Diagrama síntese da estrutura da dissertação

	CAPÍTULO	SUBCAPÍTULOS	DESCRIÇÃO	
desenvolvimento	1	INTRODUÇÃO		
	2	REVISÃO TEÓRICA-CONCEITUAL	2.1 Definições de ‘Urbano’ e ‘Rural’	Desenvolvimetro teórico sobre os principais temas e conceitos relacionados a pesquisa
			2.3 Crescimento e Expansão Urbana	
			2.4 Legislação e planejamento urbano	
	3	METODOLOGIA DE ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA	3.1 Classificação de Imagens de SR	Descrição dos métodos e procedimentos práticos utilizados pela pesquisa na análise da expansão urbana
			3.2 Análises Pós-Classificação	
	4	ESTUDO DE CASO EM LAJEADO / RS	4.1 Análise do Perímetro Urbano	Desenvolvimento do estudo de caso de Lajeado, através de análises e interpretações de resultados
			4.2 Análise do Crescimento Urbano	
			4.3 Análise da Expansão Urbana	
	5	CONCLUSÃO		

No quarto capítulo são apresentados os resultados que foram obtidos para as análises de evolução do perímetro, do crescimento e da expansão urbana de Lajeado, acompanhados pela interpretação destes resultados. O capítulo final apresenta as principais conclusões obtidas, as considerações finais sobre o trabalho e encaminhamentos futuros para a pesquisa.

2. REVISÃO TEÓRICA-CONCEITUAL

Este capítulo tem a intenção de esclarecer alguns conceitos¹⁷ e teorias nos quais a pesquisa se apoia, e que foram selecionados em função de suas relações com o tema. O perímetro urbano é interpretado como a “linha divisória” entre o que se entende como ‘urbano’ e como ‘rural’, razão pela qual estes conceitos foram escolhidos como ponto de partida para a estruturação desta revisão teórica-conceitual. O perímetro urbano é um instrumento de ordenamento territorial que tem a função de estabelecer o limite entre as ‘zonas urbanas’ e as ‘zonas rurais’.

Nesse sentido, o impacto real que estas práticas de zoneamento efetivamente apresentam sobre as condições de vida da população e sobre as condições materiais está diretamente relacionado ao conjunto de políticas públicas e normas que incidem sobre cada ‘zona’¹⁸. Essas considerações iniciais nos levam, afinal, a refletir sobre a importância que tem o esclarecimento de ‘urbano’ e ‘rural’ e que não são tão evidentes e distinguíveis quanto podem parecer em um primeiro momento.

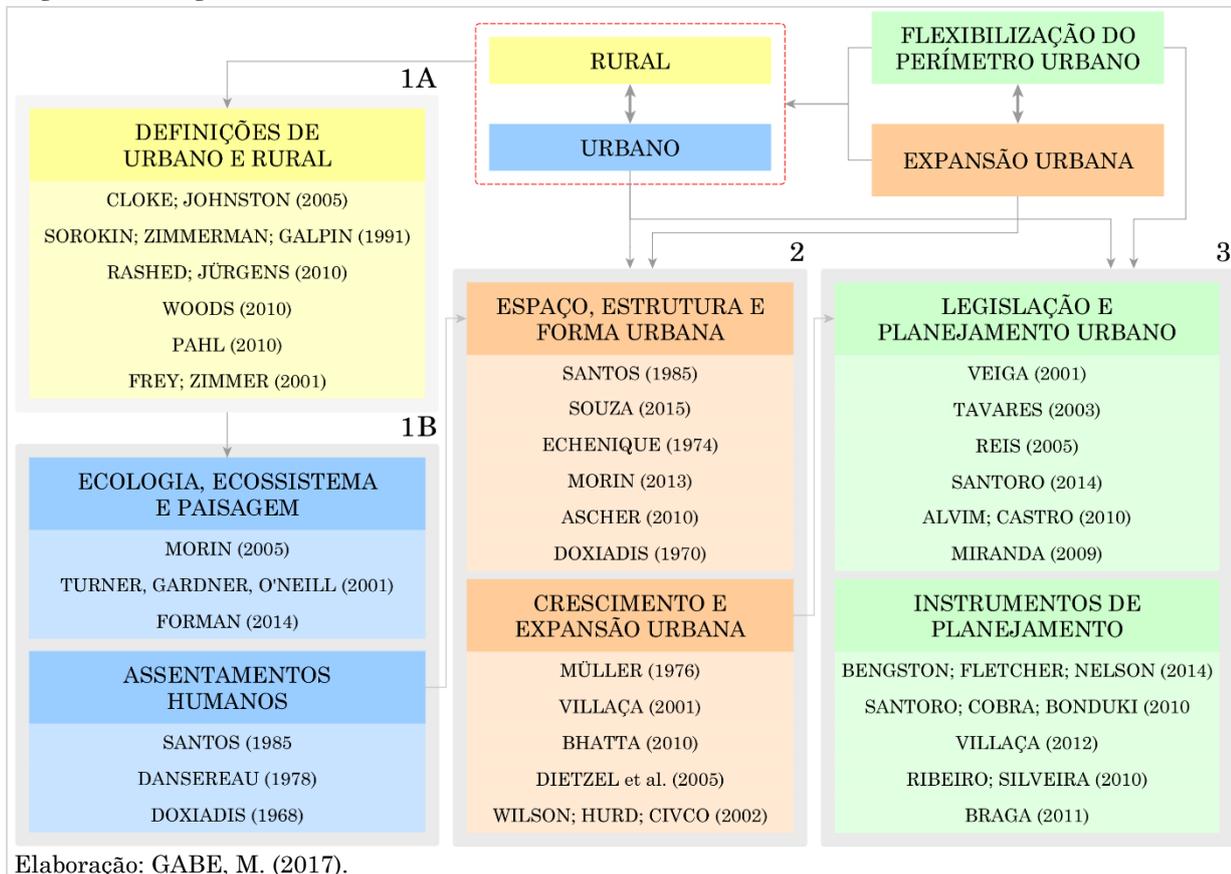
A partir desses dois conceitos chaves, foram definidas três direções de abordagens que, no decorrer da pesquisa, demonstraram ser complementares entre-si. Para facilitar o entendimento, este capítulo está organizado em três

¹⁷ Os ‘conceitos’ são entendidos como “unidades explicativas fundamentais, ao mesmo tempo constitutivas de qualquer construção teórica [...] e nutridas pelas abordagens teóricas, as quais lhes garantem coerência” (SOUZA, 2015, p. 9)

¹⁸ O termo ‘zona’ refere-se à uma porção de área territorial criada para fins específicos (MERRIAM-WEBSTER, 2003), delimitada por limites político-administrativos e onde atuam políticas públicas diferenciadas (em relação as demais zonas).

partes – correspondente às direções de abordagem, conforme indica o diagrama da Figura 12, que contém os principais temas e autores utilizados.

Figura 12. Diagrama síntese do conteúdo da revisão teórica-conceitual.



A primeira parte (‘1A’ e ‘1B’ no diagrama), corresponde a uma primeira tentativa de aproximação aos conceitos de ‘urbano’ e de ‘rural’ e desenvolve-se em torno de algumas possibilidades de definições existentes. Há uma variedade de definições (por exemplo, cada país tem o seu conjunto de normas e leis específicas e estas ainda sofrem mudanças com o tempo) e seria inviável, assim como também não é o objetivo deste trabalho, realizar um “resumo descritivo” de diversas definições. Optou-se por apresentar algumas definições de origem acadêmica que foram consideradas representativas para este estudo, além de alguns exemplos de definições normativas para o Brasil (oficiais e não-oficiais). As definições “tradicionais” demonstram-se insuficientes para o nível de esclarecimento que esta pesquisa buscava e as investigações realizadas no decorrer da pesquisa

conduziram a autores que tratam de temas relacionados aos universos ‘urbano’ e ‘rural’ segundo abordagens que estão fundamentadas em teorias e conceitos da Ecologia. Alguns desses autores trabalham com o conceito de ‘assentamentos humanos’ - povoaamentos humanos em geral, que se organizam segundo “princípios gerais” (DOXIADIS, 1977).

A segunda parte foca no espaço urbano, especificamente, no processo de crescimento e expansão urbana, objetos do desenvolvimento prático desta pesquisa. São também analisados outros conceitos, inter-relacionados, e bastante presentes nas discussões sobre o espaço urbano, como por exemplo, ‘estrutura urbana’, ‘forma urbana’, ‘substrato espacial material’, etc. Nesse subcapítulo procura-se, associar estes conceitos com as teorias provenientes das abordagens ecológicas apresentadas.

A terceira e última parte deste capítulo foca na legislação urbanística, compreendendo o conjunto de leis que direcionam o planejamento e o ordenamento territorial dos municípios brasileiros, incluindo aí os instrumentos urbanísticos, o papel do Estado e as influências do mercado fundiário e imobiliário na flexibilização do perímetro urbano.

2.1| Definições de ‘Urbano’ e ‘Rural’ |

Os termos ‘urbano’ e ‘rural’ são utilizados com frequência, tanto no meio técnico, político e acadêmico, quanto pela população, em geral, no dia a dia. Se, por um lado, há uma variedade de definições para estes conceitos, por outro lado, também há muitas discordâncias e imprecisões, levando à formulação de Pahl (1966), segundo o qual “os termos urbano e rural são mais notáveis pela sua capacidade de confundir do que pelo seu poder de esclarecimento” (PAHL, 1966, p. 299). Discussões desta natureza tendem para um olhar centrado, ou no urbano (a cidade), ou no rural (o campo), e com forte preponderância do primeiro, conforme ressalta Dansereau:

É notável como a literatura sobre este tema seja excessivamente focada no habitat urbano [...] ainda existe muito para se aprender sobre as outras numerosas formas de agrupamentos humanos (DANSEREAU, 1978, p. 162).

Para compreender as razões deste fenômeno é preciso primeiramente reconhecer que as definições de ‘urbano’ e ‘rural’ variam segundo seu propósito (qual o objetivo/necessidade que induz à uma tentativa de definição), seus autores (quem opera a definição) e do contexto (onde, quando e em que condições isto ocorre). Com base nessa lógica é possível classificar as definições para ‘urbano’ e ‘rural’ segundo estas funções ou propósitos (ver Tabela 5).

Tabela 5. Tipologias ‘básicas’ de definições de ‘urbano’ e ‘rural’

	AUTORIA	OBJETIVOS
Técnico-normativas (<i>meio técnico-político</i>) “limites administrativos”	Instituições (Estado, órgãos públicos e internacionais)	Controle, Gerenciamento, Regramento (produz Leis e Diretrizes)
Teórico-metodológicas (<i>meio científico-acadêmico</i>) "limites intelectuais"	Intelectuais e acadêmicos de diferentes disciplinas	Compreensão, Avaliação (produz estudos, publicações e recomendações)
Prático-intuitivas (<i>"senso comum"</i>) “limites imaginativos”	Indivíduos e comunidades (incluindo a Nação)	Identidade, Senso de pertencimento

Fonte: adaptado de Cloke e Johnston (2005). Elaboração: GABE, M. (2017)

Enquanto as definições técnico-normativas e teórico-metodológicas podem ser atribuídas a autores, as definições prático-intuitivas emergem dos próprios indivíduos, grupos sociais ou comunidades que, por necessidade de distinção e/ou senso de pertencimento, procuram construir sua identidade (pessoal e comunitária). Segundo Bauman, “identidade significa aparecer: ser diferente e, por essa diferença, singular — e assim a procura da identidade não pode deixar de dividir e separar” (BAUMAN, 2005, p. 21). Esta separação é evidente para os termos ‘urbano’ e ‘rural’ ou, ‘cidade’ e ‘campo’, que são frequentemente visualizados como elementos antagônicos ou polos opostos e, nitidamente, distintos (ex.: centro vs. periferia e moderno vs. tradicional).

Isto pode ser verificado, por exemplo, na origem do termo ‘campo’ em inglês (‘country’) que deriva do termo ‘*contrée*’ do francês antigo que, por sua vez, é

originário de uma expressão do latim vulgar, ‘*terra contra*’, que significa “região ou porção de terra situada em oposição à outra, contra” (PARTRIDGE, 2006, p. 652; HARPER, 2017). A palavra ‘contra’ tem sua origem na união do prefixo ‘*con*’, que significa “integrado” ou “em parceria”, com o sufixo ‘*ter*’, utilizado para indicar sentido ou intenção contrária (GLARE, 1968, p. 432), evidenciando aí, o fato de que o termo incorpora um certo antagonismo no próprio conceito, desde a origem.

Tabela 6. Origem etimológica e definições das palavras ‘urbano’, ‘rural’, ‘cidade’ e ‘campo’.

Palavra	Origem	Definição
Urbano e Urban	Urbanus (lat.)	<ul style="list-style-type: none"> • “que é, pertence, ou está relacionado com a cidade” • “(pessoas ou coisas) que vivem e desempenham suas atividades na cidade”
	Urbane (lat.)	• “com cortesia [...] com refinamento ou com estilo elegante”
	Urbanitas (lat.)	• “as qualidades típicas dos habitantes da cidade”
	Urbs (lat.)	<ul style="list-style-type: none"> • “cidade ou vila de grande porte” • “a cidade de Roma”
Cidade e City	Cité (fr.) Civitas (lat.)	<ul style="list-style-type: none"> • “uma comunidade organizada [...] uma cidade ou vila” • “as pessoas que vivem uma comunidade organizada” • “os direitos de um cidadão”
	Civis (lat)	<ul style="list-style-type: none"> • “um cidadão ou camponês considerado na sua relação com o Estado” • “pessoa livre [...] cidadão Romano”
Rural	Ruralis (lat.)	• “que é do campo” (<i>of the country</i>)
	Rure (lat.)	• “que vem do campo” (<i>from the country</i>)
	Ruri (lat.)	• “que está no campo” (<i>in the country</i>)
	Rus (lat.)	• “o campo (oposto à cidade; comumente com implicação de suas partes mais cultivadas)”
	Roe (lat.)	• “campo aberto”
Campo	Campus (lat.)	<ul style="list-style-type: none"> • “extensão de terras planas, planície, prado” • “espaço aberto para esportes e recreação”
Country	Contrée (fr.)	• “região ou porção de terra situada em oposição à outra (contra) e, portanto, distinta” ¹ .
	(Terra) Contra (lat.)	
	Contra (lat.)	• “situado em oposição, defronte para (algo)”

Existem muitas definições possíveis para cada termo em latim. Aqui, foram selecionadas aquelas consideradas mais pertinentes para o objetivo deste estudo. Fonte: GLARE (1968); ¹ (HARPER, 2017). Elaboração: GABE, M. (2017).

Segundo Frey e Zimmer (2001), as palavras ‘campo’, ‘cidade’, ‘urbano’ e ‘rural’ tem suas origens no latim e, o exame etimológico dessas palavras é útil para compreender seus significados “originais” associados. Sem ter a pretensão de realizar uma análise etimológica aprofundada, a Tabela 6, acima, apresenta uma

síntese de definições para os termos originais em latim, e que remete à formulação de Pahl de acordo com quem os termos mais confundem do que esclarecem.

‘Urbanus’ e ‘Ruralis’ são, portanto, adjetivos, indicando qualidades ou características daquilo que “é, pertence, ou está relacionado” (GLARE, 1968, p. 2105) à ‘Urbs’ e ao ‘Rus’ - a ‘cidade’ e ao ‘campo’. Estes termos são utilizados com mais frequência pelas pessoas no cotidiano do que os termos ‘urbano’ e ‘rural’ pois, cada indivíduo, com base em suas experiências pessoais (que comportam diversas dimensões, simbólicas inclusive) concebe os seus “modelos ideais” de cidade e de campo, que seriam representações de “estágios avançados do urbano e do rural” onde as características se manifestam de forma bem definida e evidente (SOROKIN, ZIMMERMAN e GALPIN, 1991, p. 198).

Os conceitos ‘campo’ e ‘cidade’ constituem “o binário geográfico mais disseminado e um dos mais antigos” (WOODS, 2010, p. 1) e remetem a “formas de vida fundamentais” (WILLIAMS, 1975, p. 11). São utilizados desde a Antiguidade clássica, para o qual existe uma série de imagens, atitudes emocionais e associações correspondentes (ibid.). Esta dualidade foi fundamental para a formação do imaginário popular, influenciando o desenvolvimento da cultura e das artes e, também na formação de categorias básicas das ciências sociais (DUPUIS e VANDERGEEST, 1996, p. 4). Cloke e Johnston afirmam que o processo de categorização, seja ele binário ou não, “mais do que um recurso para lidar com a complexidade [...] é também um meio para a criação de nossas identidades, individuais e coletivas” (CLOKE e JOHNSTON, 2005, p. 1). Woods, procura reforçar o caráter subjetivo das concepções sobre o ‘urbano’ e o ‘rural’, de maneira precisa:

Os conceitos de 'urbano' e 'rural' são ambos construções sociais, ou seja, são categorias que foram criadas por meio do discurso social e aplicadas ao mundo físico para dar significado e identidade a determinadas entidades. Enquanto construções sociais, o urbano e o rural só existem na maneira em que as pessoas imaginam que eles existem, e os entendimentos dos conceitos serão informados pelos valores sociais, morais e culturais, e o contexto. (WOODS, 2010, p. 5)

As definições teórico-metodológicas, por sua vez, são provenientes do meio acadêmico e científico, e refletem a necessidade de compreensão e avaliação de diversas condições ou fenômenos relacionados ao universo ‘urbano’ e ‘rural’. Sobre esse tema, costumam debruçar-se sociólogos, geógrafos, historiadores, antropólogos, economistas, advogados, ecologistas, arquitetos, urbanistas e planejadores. As definições concebidas neste meio têm o propósito de fornecer suporte teórico para o desenvolvimento de estudos e publicações, envolvendo análises, avaliações ou recomendações sobre o tema. É difícil encontrar um consenso entre tantas definições existentes, mas se referem a categorias: de “universos sociais” (SOROKIN, ZIMMERMAN e GALPIN, 1991); de “unidades territoriais” (MATHIEU e BONTRON, 1973, p. 137); de “unidades espaciais” ou “assentamentos humanos” (COOMBES, 2004); de “ecossistemas humanos” (MORIN, 2005), ou ainda, de “paisagens emergentes” (DANSEREAU, 1978).

Uma tentativa de definição para estes conceitos, proveniente do meio acadêmico, foi formulada pelos sociólogos Sorokin, Zimmerman e Galpin em 1929, sendo hoje considerada um “clássico” na literatura sobre o tema. Segundo estes autores, para evidenciar as diferenças entre o urbano e o rural é preciso examinar estes “mundos” em seus estágios avançados. Assim, a abordagem destes autores procura evidenciar as diferenças entre o urbano e o rural, a partir de uma análise sobre dois objetos tidos como claramente definidos e de oposição evidente, a ‘cidade’ e o ‘campo’, dando ênfase para as características sociológicas que estruturam os “universos sociais” urbanos e rurais. Características estas, que segundo os autores, seriam “genéricas no espaço e relativamente constantes no tempo” (SOROKIN, ZIMMERMAN e GALPIN, 1991). As principais características do “universo rural”, conforme descrevem os autores, encontram-se resumidas na Tabela 7.

Tabela 7. Características diferenciais do ‘universo rural’.

	Característica		Descrição
1	Ocupacional	População de ocupação agrícola	<ul style="list-style-type: none"> Principal característica da população é a atividade agrícola (cultivo e coleta de plantas e animais)
2	Ambiental	Maior contato com a natureza em geral	<ul style="list-style-type: none"> A população usualmente precisa trabalhar ao ar livre para exercer suas atividades domésticas e produtivas.
3	Tamanho das comunidades	Tamanho menor dos aglomerados populacionais	<ul style="list-style-type: none"> Em função do caráter da produção agrícola (precisa de espaço e estar mais próximo da terra cultivada)
4	Densidade populacional	Baixa densidade de ocupação das áreas	<ul style="list-style-type: none"> Em função do caráter da produção agrícola (precisa de espaço e mantém áreas naturais preservadas)
5	Homogeneidade das populações	Características psicossociais mais homogêneas	<ul style="list-style-type: none"> Menor divisão do trabalho. Maior uniformidade social Maior homogeneidade social
6	Diferenciação, Estratificação e Complexidade social	‘Corpo social’ mais simples	<ul style="list-style-type: none"> Menor diferenciação social Menor estratificação social Menor complexidade social
7	Mobilidade Social	Menor mobilidade territorial, ocupacional, econômica e vertical	<ul style="list-style-type: none"> Menos deslocamentos internos (circulação diária; mudança de residência) e externos (intercomunidades). Menos mudanças socioeconômicas e ocupacionais durante a vida.
8	Direção de Migração	Migração unidirecional (campo-cidade)	<ul style="list-style-type: none"> Processos de migração da população rural do campo para a cidade são comuns e aceitos
9	Integração Social	Sistema de interação menos complexo, dinâmico e intensivo	<ul style="list-style-type: none"> O sistema de interação rural é menos diversificado externamente e tem um número menor de padrões sociais. Porém, as relações são mais duradouras.

Fonte: SOROKIN; ZIMMERMAN; GALPIN (1991); Organização: GABE, M. (2017); várias características são definidas utilizando os termos ‘menos’ e ‘mais’, indicando que se trata de uma comparação com o “universo social urbano”.

Na tabela são apresentadas apenas as características do rural, pois, para os autores, as características do ‘universo social urbano’ são sempre “opostas” às do rural. Por exemplo, a principal característica da população rural seria a ocupação no setor primário (especialmente agricultura, pecuária e pesca) enquanto a população urbana se caracteriza pela ocupação nos setores secundários e terciários. Outro exemplo, seria a característica ‘ambiental’ do universo social rural, que é caracterizado por mais contato ao “ar livre”, que seria decorrente das próprias condições impostas pelo trabalho no setor primário. Enquanto no universo

social urbano a população possui menos contato com a natureza em geral, por duas razões: (i) pelo fato das cidades possuem menos “natureza” em função da preponderância de espaços construídos; (ii) pelas características do trabalho no setor secundário e terciário, que ocorrem em espaços construídos (escritórios, escolas, indústrias, etc.).

A visão destes autores é bastante criticada atualmente em função de sua abordagem dualística adotada e, este exemplo foi apresentado justamente para evidenciar os problemas decorrentes neste tipo de abordagem onde se pretende estabelecer uma divisão tão clara entre estes mundos. É preciso, porém, considerar o contexto histórico desta construção, que examinou a realidade dos EUA na época, onde as diferenças entre estes “universos” poderiam ser mais evidentes e, onde as questões associadas à ecologia não eram ainda tão estabelecidas com o conhecimento sobre o planeta e a vida humana.

Nesse sentido, é preciso considerar que a realidade sócio-espacial se torna cada vez mais complexa, com interpenetração entre estes dois universos, o que faz com que as diferenças entre o urbano e rural sejam cada vez mais difíceis de ser claramente identificadas – especialmente nas áreas de transição. Isso está evidenciado, principalmente pelo fato de que a característica principal de conceituação do rural, a produção primária, passa por transformação, abrigando também atividades do tipo não-agrícola (REIS, 2006; SILVA, 2001).

Para citar um exemplo de definição acadêmica para o conceito de urbano, utilizaremos a definição proposta pelos autores Frey e Zimmer (2001), que considera que este pode ser entendido através de três “elementos”: (1) **ecológico**: que diz respeito às características demográficas (espaciais) como, por exemplo, a densidade e a dimensão populacional (que trata tanto do tamanho demográfico quanto da extensão espacial – física - do agrupamento populacional) e a densidade construída; (2) **econômico**: que está relacionado ao grau de diversificação das atividade e funções econômicas exercidas pelo núcleo (internas e externas), à concentração significativa de atividades não-agrícolas, à presença de “economias

de aglomeração”¹⁹ e à características dos “padrões de comutação” (deslocamentos entre áreas residenciais e os locais de trabalho, de serviço e de prestação serviços); (3) **social**: envolvendo “características comportamentais, valores e maneiras de perceber e se relacionar com o mundo”, que costumam ser referidos por sociólogos e geógrafos como “graus de urbanidade ou ruralidade” (ibid.)

Esses autores não efetuam definições específicas (mensuráveis) e limitam-se a referências gerais. Além disso, parecem ignorar outros aspectos significativos envolvidos no “elemento ecológico”, conforme veremos no próximo subcapítulo. Os elementos (ou dimensões) do conceito ‘urbano’ apresentados por estes autores são similares às propostas de outros autores, como é o caso das características diferenciais dos “espaços urbanos” apresentadas por Rashed e Jürgens (2010) (ver Tabela 8, abaixo). Para esses autores, os atributos que definem o “lugar urbano”, seriam incorporados das características da sua população, como por exemplo, a densidade populacional, a organização social e econômica e a transformação do ambiente natural em ambiente construído.

Tabela 8. Características diferenciais dos ‘espaços urbanos’.

		Característica		Descrição
Ecológico	1	Ambiental	Ambiente modificado/construído	O ambiente é predominantemente construído ou adaptado para as atividades urbanas.
	2	Tamanho das comunidades	Tamanho maior dos aglomerados populacionais	Maior tamanho populacional (o critério varia para cada lugar)
	3	Densidade populacional	Média e alta densidade das áreas	Maior densidade populacional
Social e econômico	4	Organização social	Incluindo aspectos econômicos, culturais e técnicos.	Maior divisão do trabalho Maior heterogeneidade
	5	Ocupacional	População de ocupação não agrícola	A população e seus modos de vida estão organizados em torno de atividades não agrícolas.

Fonte: adaptado de RASHED; JÜRGENS (2010). Tradução: GABE, M. (2017).

¹⁹ Segundo Frey e Zimmer (2001, p. 26), ‘economias de aglomerações’ são “concentrações de funções econômicas que operam externamente a empresas específicas”, mas que tornam vantajoso para estas localizarem se ali (ex.: bancos, firmas de serviços muito especializados, terminais de transporte e de armazenamento, etc.). Estas economias possuem a tendência de atrair novos habitantes e aumentar a densidade de uma determinada área (ibid.).

Com base nos conceitos e definições apresentados, fica evidente que, da mesma maneira que não é possível conceituar o ‘urbano’ sem definir a ‘cidade’, não é possível definir o ‘urbano’ e ‘rural’, que não seja através de comparações e distinções, conforme podemos exemplificar através da citação seguinte, de Morin (2005):

Cidades e campos não se limitam a constituir um “meio” urbano e um “meio” rural; são dois tipos de ecossistemas bio-antropossociais que se opõem e se diferenciam, especialmente pelo forte componente natural do primeiro e pelo forte componente artificial do segundo. (MORIN, 2005, p. 98).

O “forte componente natural” referido por Morin pode ser questionado, considerando que as atividades agrícolas e os modos de vida da população rural estão, cada vez mais, influenciados e, até mesmo, dependentes de tecnologias modernas e outras inovações e serviços, antes tipicamente urbanos. Na comparação entre estes dois tipos de “ecossistemas bio-antropossociais” podemos, sim, verificar que há um forte componente “natural” nos espaços rurais, ainda que este “natural” raramente corresponde a uma “natureza primeira” (SANTOS, 1997; SOUZA, 2015).

É reconhecido na literatura sobre este tema, que as abordagens sobre a questão urbano/rural, especialmente de conceituação e delimitação, podem ser resumidas através de duas visões teóricas principais: a dicotômica (dualística) e a de *continuum*. (TALASKA et al., 2009, p.61). Em ambas, reconhece-se uma concepção dual, polarizada, entre o urbano e o rural que são, essencialmente, diferentes. Porém, na primeira abordagem, esses espaços são vistos através de um “antagonismo dualístico” (BLUME, 2004, p.8 apud. REIS) onde o urbano é “desenvolvido” e o rural “atrasado” (SILVA, 2001, p. 37). Haveria, inclusive, entre autores mais pessimistas, a possibilidade de uma “urbanização geral”, que não seria causada apenas pela extensão das áreas construídas e infraestruturadas, mas, por um amplo processo de incorporação do modo de vida e da cultura urbana. A segunda visão é mais “moderada” e concebe estes espaços como complementares e tomados como pontos extremos e opostos em uma escala que possui diferentes

níveis de gradação - incluindo categorias de espaço híbridos, espaços de transição e multipolarizados quanto a suas características (REIS, 2005, p.79).

É fundamental levar também em conta o espaço natural nessa relação pois, embora esteja tão enraizado na compreensão da relação urbano-rural a noção de uma dicotomia fundamental - do campo em oposição à cidade – é clara uma perspectiva na qual “a natureza virgem ou o selvagem, e não o campo, é o polo oposto da cidade” (TUAN, 1980, p. 125). Segundo Tuan (ibid.) os significados atribuídos às categorias “campo”, “cidade” e “natureza” variam de forma distintas e contraditórias ao longo da história, sempre mudando de significação, conforme os valores, as atitudes e as percepções de cada sociedade, em cada momento histórico.

Resta examinar as definições técnico-normativas, que são resultantes de necessidades estritamente práticas e que estão, de certa forma, diretamente relacionadas a um dos objetivos do Estado moderno: a organização e administração dos territórios através de normas e limites espaciais claros, definidos por fronteiras (DUPUIS e VANDERGEEST, 1996, p. 4). Neste sentido, as definições são feitas por instituições e podem resultar em normas legais (estabelecidas oficialmente pelo Estado através de leis) ou em procedimentos metodológicos, não-oficiais, como é o caso de instituições responsáveis por coletar dados estatísticos sobre aspectos socioeconômicos e demográficas (ex.: IBGE, USGS, OCD e UNSD).

Segundo a Divisão Estatística das Nações Unidas (UNSD, 2008), os métodos utilizados pelas instituições para classificar áreas urbanas e rurais envolvem critérios quantitativos e qualitativos, e duas abordagens básicas de classificação são comumente utilizados pelos países. A primeira utiliza o tamanho demográfico absoluto como critério para classificar uma área, ou povoamento, entre ‘urbano’ ou ‘rural’, e alguns países também utilizam a densidade populacional como critério complementar. O tamanho demográfico e a densidade medidos são comparados com valores limiares de referência e, uma área é definida como urbana, se a população residente na área for igual ou maior ao valor limiar e, rural, se for menor que este valor. A dificuldade neste tipo de abordagem é definir o que são povoamentos, traçar os seus limites e definir os valores limiares de referência para

as classificações: é justamente daí que decorrem as tantas diferenças entre as definições por país.

Tabela 9. Critérios normativos utilizados por países para a classificação de 'áreas urbanas'.

	País	População (hab)	Densidade (hab/km ²)		País	População (hab)	Densidade (hab/km ²)
América	Canadá	≥ 2.000	≥ 400	África	Etiópia	≥ 2.000	-
	EUA	≥ 2.500	≥ 400		Botsuana	≥ 5.000	-
	Groelândia	≥ 200	-		Senegal	≥ 10.000	-
	México	≥ 2.500	-		Sudão	≥ 5.000	-
	Panamá	≥ 1.500	-		Libéria	≥ 2.000	-
	Porto Rico	≥ 2.500	≥ 400		Europa	França	≥ 2.000
	Cuba	≥ 2.000	-	Áustria		≥ 5.000	-
	Argentina	≥ 2.000	-	Grécia		≥ 10.000	-
	Bolívia	≥ 2.000	-	Islândia		≥ 200	-
	Venezuela	≥ 1.000	-	Portugal		≥ 10.000	-
Ásia	Índia	≥ 5.000	≥ 400	Espanha		≥ 2.000	-
	Israel	≥ 2.000	-	Holanda		≥ 2.000	-
	Japão	≥ 50.000	≥ 500	Suíça		≥ 10.000	-
	Malásia	≥ 10.000	-	Albânia		≥ 400	-
	Turquia	≥ 20.000	-	Irlanda		≥ 1.500	-

Fonte: Divisão Estatística das Nações Unidas (2008).

A Tabela 9 apresenta uma síntese dos valores mínimos de tamanho populacional ou densidade utilizados pelos países que adotam o primeiro tipo de abordagem em suas classificações de áreas urbanas. Poucos países utilizam valores de densidade populacional mínimos como critério complementar e, os valores limiares do tamanho populacional variam significativamente: entre 200 habitantes em países esparsamente povoados, como a Groelândia e Islândia, e 50 mil no Japão, um país densamente povoado. Enquanto alguns países utilizam apenas o tamanho da população como critério, outros países adotam critérios complementares, como a presença de equipamentos e serviços urbanos, o distanciamento máximo entre domicílios e o percentual da população envolvido em atividades não agrícolas.

A segunda abordagem, classifica primeiramente as áreas urbanas, tendo por base as divisões territoriais administrativas, que costumam classificar como 'urbana' as áreas onde estão localizadas as sedes administrativas de povoamentos (locais onde ocorrem atividades do governo local). A variação no entendimento e na própria terminologia adotada para definir cada tipo de povoamento ou região (vila,

cidade, distrito, município, etc.) faz com que exista muita divergência e “distorções territoriais” nesse método de abordagem. As distorções derivariam, essencialmente, de aspectos políticos, pois, historicamente, povoamentos são “elevados” a certas categorias segundo o entendimento e os interesses dos governantes e demais agentes envolvidos nestas decisões. Esse tipo de abordagem dá ênfase à definição do urbano, e classifica o restante das áreas, ou povoamentos, como rurais.

O atual método normativo oficial utilizado no Brasil na delimitação de ‘zonas rurais’ e ‘zonas urbanas’ pode ser incluído nesta segunda categoria de abordagem, já que o Decreto Lei nº 311 (1938), que dispõe sobre a divisão territorial no país, definiu que são consideradas urbanas as sedes de municípios e de distritos (as cidades e as vilas). Os limites das zonas urbanas são definidos pelo perímetro urbano, em conjunto com o ‘macrozoneamento’²⁰, sem critérios específicos, nem mesmo aqueles que são considerados básicos, como o tamanho e a densidade populacional (os “elementos ecológicos” apontados por Frey e Zimmer (2001).

Existem também métodos de classificação não-oficiais, utilizados por instituições que desenvolvem estudos e recomendações com base em dados estatísticos demográficos e socioeconômicos. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) desenvolveu seu método de “divisão de desenvolvimento territorial”, que define como rurais as localidades com densidade populacional inferior a 150 hab/km² e, com base no percentual da população residente em áreas rurais, classifica as municipalidades como ‘tipicamente rurais’, ‘ambivalentes’ e ‘tipicamente urbanas’.

O que induz a concepção destas abordagens é a tentativa de estabelecer limites estritos entre múltiplas categorias de pessoas e espaços e, “a capacidade técnica e coerciva sem precedentes de reconstruir a paisagem para conformar com estas categorias limitadas e excludentes” (ibid.). A visão dualística prevalece e continua sendo o método básico para o desenvolvimento de políticas públicas, que

²⁰ Veremos com maiores detalhes os aspectos referentes à legislação envolvida ao perímetro urbano no subcapítulo 4, p. 89).

são criadas e implantadas com bases nestas categorias e em suas classificações (ibid.). Muitas vezes, a construção de limites entre estas categorias abstratas contradiz a realidade local, a história e a vida das pessoas que vivem dentro destes limites designados e que podem ter visões bem distintas sobre o que as mesmas significam (ibid.).

É possível verificar que, se por um lado, as definições acadêmicas são normalmente mais complexas e abrangentes do que as definições normativas, por outro, sua praticidade e possibilidade de aplicação (em instrumentos de planejamento e ordenamento territorial, por exemplo) são usualmente inviáveis ou restritas (por motivos econômicos, políticos, ideológicos, tecnológicos, etc.).

Embora diversas abordagens para estes conceitos sejam possíveis, conforme já foi colocado, este trabalho não tem a intenção de fazer a revisão das várias definições existentes. Ao invés disso, adota a abordagem proposta pelo agrônomo Pierre Dansereau, considerado um dos pioneiros da ecologia moderna. Trata-se da “Classificação Ecológica dos Assentamentos Humanos” (1978), e dentre os conceitos e categorizações estudadas, identifica-se esta como a que permite uma definição de ‘urbano’ e ‘rural’ mais clara e abrangente e, em função disto, permite relacionar as definições de ‘urbano’ e ‘rural’ provenientes de diversas disciplinas através de teorias e conceitos da Ecologia. E, sendo a ecologia uma ciência transdisciplinar, que busca dialogar simultaneamente com várias disciplinas de forma a consolidar uma base de conhecimento integrado. A adoção desta abordagem, pela presente pesquisa, tem a intenção de aprofundar um diálogo entre ecologia e planejamento urbano, via o estudo da relação urbano-rural, sob o enfoque da flexibilização do perímetro urbano e de suas repercussões.

2.1.1. Ecologia, Ecosistema e Paisagem |

O termo ‘ecologia’ (em alemão, ‘ökologie’) foi cunhado em 1866 por Ernst Haeckel (MORIN, 2005, p. 33) sendo composto pelas palavras gregas ‘oikos’ (casa; habitat) e ‘logia’ (estudo de). O “oikos” é um conceito amplo, que remete à totalidade

das interações entre o habitat (ambiente) e seus habitantes (organismos). Assim, a Ecologia pode ser definida como a “ciência das interações combinatórias/organizadoras entre os componentes físicos [biótopo] e vivos [biocenose] dos ecossistemas” (ibid, p. 33).

O termo ‘ecossistema’ foi introduzido em 1935 por Arthur Tansley como sendo “o sistema²¹ todo [...], incluindo não apenas o complexo de organismos, mas também todo o complexo de fatores físicos que formam o que chamamos de ambiente do bioma” (ibid., p.299). Os ecossistemas são sistemas dinâmicos e abertos²² constituídos por um conjunto de componentes bióticos (biológicos, “vivos”) e abióticos (físicos, “não-vivos”), que interagem entre si diretamente e indiretamente, estabelecendo uma “unidade indissociável [...] e espacialmente reconhecível” (TURNER; GARDNER; O’NEILL, 2001, p.249; SALOMON, 2009, p.16; SMITH; SMITH, 2012, p.4).

O diagrama da Figura 13 representa as interações entre os componentes bióticos e abióticos associados aos diversos “níveis da organização viva” (MORIN, 2005, p. 127), do nível molecular (genes) aos ecossistemas. Tradicionalmente, a Ecologia preocupa-se em examinar os níveis superiores da organização biológica (destacados em verde no diagrama). Nestes casos, os componentes bióticos são usualmente classificados segundo seu tipo de nutrição (produtores, consumidores e decompositores) e, os componentes abióticos, entre aqueles que representam aspectos das ‘condições físicas’ (fatores climáticos e geográficos) e os ‘recursos abióticos’ (substâncias inorgânicas e orgânicas) (ODUM, 2004, p. 6; DANSEREAU, 1987).

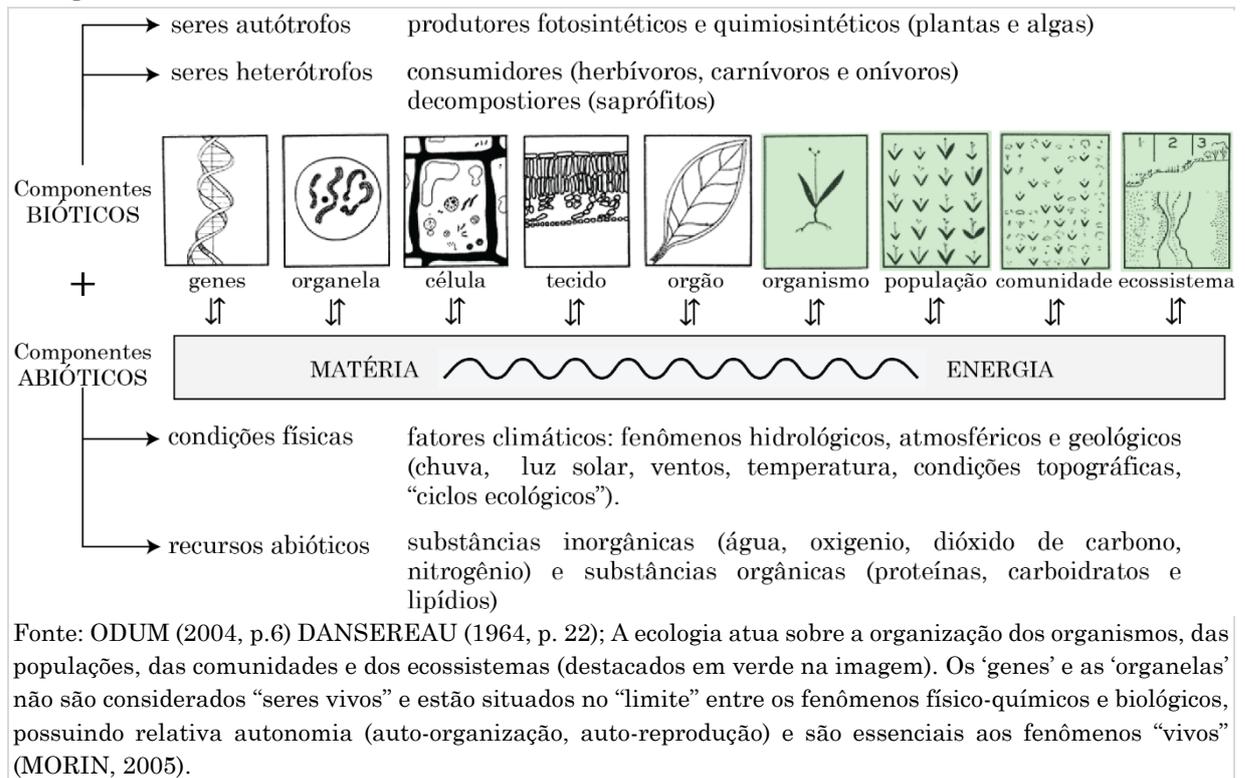
O principal foco dos estudos ecológicos tem sido analisar os fluxos e as transformações da matéria e da energia através dos ecossistemas (TURNER; GARDNER; O’NEILL, p.249). Estes fluxos e interações são resultantes das

²¹ O conceito de ‘sistema’ será esclarecido no próximo subcapítulo. Por ora, como primeira aproximação, é importante saber que o sistema envolve um conjunto de elementos (objetos, ações, fenômenos ou ideias) em inter-relações mútuas e, que constituem uma “unidade global organizada” (MORIN, 2013).

²² Ecossistemas são classificados como sistemas dinâmicos porque sofrem mudanças e transformações ao longo do tempo e, são abertos, porque interagem com o ambiente no qual estão inseridos (um outro ecossistema, conhecido ou não), e com o qual realizam trocas de energia, matéria e informação (JØRGENSEN, 2008, p.32).

interações dinâmicas entre os componentes bióticos e abióticos e, das interações destes componentes entre si e entre os diferentes níveis da organização viva (ODUM, 2004).

Figura 13. Componentes dos ecossistemas associados aos níveis de organização dos sistemas biológicos.



A ecologia da paisagem foca em compreender os padrões espaço-temporais (de movimento e de transformação) envolvidos nas relações entre ecossistemas e os elementos que constituem uma determinada paisagem (TURNER, et al., 2001, p. 2). Um aspecto central da ecologia da paisagem é "o reconhecimento do papel dinâmico do homem na paisagem e a busca pelo estudo sistemático e imparcial de suas implicações ecológicas" (NAVEH e LIEBERMAN, 1994, p. 9).

Para a Ecologia da Paisagem, o conceito de paisagem descreve uma área espacialmente heterogênea²³ "em ao menos um fator de interesse" (TURNER, et

²³ Heterogeneidade significaria a "propriedade de ser formado por elementos dissimilares, díspares e, frequentemente, contrastantes" (BUREL e BAUDRY, 2003, p. 13).

al., 2001), composta por um conjunto de elementos (ecossistemas) justapostos e em inter-relações (naturais, antroposociais e ambivalentes) (DANSEREAU, 1978) que se encontram espacialmente distribuídos e “repetidos” através dessa área (FORMAN, 2014).

O estudo ecológico da ‘paisagem’ foca nos mosaicos de ecossistemas e são comumente representados através do modelo da “estrutura espacial da paisagem” (FORMAN, 2014), que é constituído por ‘manchas’, ‘corredores’ e ‘matrizes’. As ‘manchas’ são áreas de aspecto formal “não linear” que se diferenciam e contrastam com os elementos no seu entorno (manchas de vegetação, de áreas construídas, de cultivos, etc.). Os ‘corredores’ são manchas que possuem aspecto formal estreito e alongado (rios, vegetação ripária, estradas, etc.), e que são importantes para circulação de animais e fluxos de matéria e energia, desempenhando funções ecológicas importantes (FORMAN, 2014, p. 41). A ‘matriz’ representa o tipo de cobertura do solo que predomina e perpassa grande parte da paisagem (matriz urbana, rural, natural, etc.).

Segundo Souza (2015, p. 43), o conceito de ‘paisagem’ da ‘Ecologia da Paisagem’ seria pouco apreciado pelos geógrafos, pois a definição é considerada muito abrangente, e assume significado similar ao de ‘espaço geográfico’ ou de ‘área’ e estaria, portanto, ignorando o “alcance” presente no seu significado mais tradicional (especialmente para as ciências sociais), onde há ênfase na percepção subjetiva da paisagem²⁴ pelo observador: “o espaço abarcado pela visão de um observador” (ibid.).

A Ecologia da Paisagem representou um avanço para os estudos ecológicos, ao sair do estudo dos ecossistemas isolados para buscar a compreensão dos “sistemas de ecossistemas”, especialmente nas relações entre os ecossistemas naturais e artificiais que se tornaram de grande relevância para estudar os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas. O uso do termo

²⁴ O conceito de paisagem tem sua referência mais antiga na literatura, em um termo hebraico que significa ‘belo’, referindo-se à “vista geral de Jerusalém” e, portanto, remetendo à uma conotação “visual-perceptiva e estética” similar àquela do termo ‘cenário’ (NAVEH e LIEBERMAN, 1994, p. 3). Esta visão estética e emocional da paisagem predominou até o século XIX e é ainda muito utilizada na arte, literatura e arquitetura paisagística (ibid., p.4).

paisagem, neste caso, não estaria errado, desde que corretamente especificado/contextualizado.

Se é difícil estabelecer os limites de um ecossistema, pois este está sempre atrelado ao “olhar ecológico” do observador (MORIN, 2005), estabelecer os limites da ‘paisagem’ seria muito mais. Porém, esta pesquisa não tem a intenção de aprofundar esta discussão sobre o conceito de ‘paisagem’, utilizando apenas métodos de análise espacial que foram desenvolvidos originalmente em estudos da ‘Ecologia da Paisagem’. A “paisagem” a que nos referiremos na parte prática deste trabalho é tão somente o recorte espacial que corresponde à região pertencente aos limites político-administrativos do município de Lajeado.

2.1.2. Assentamentos Humanos |

A ‘cidade’ e o ‘campo’ são termos utilizados para designar modelos genéricos ou “ideais” de assentamentos humanos e, representam apenas duas tipologias dentre as várias existentes. Os assentamentos humanos, ou povoamentos, são conceitos mais amplos, que “descrevem os arranjos territoriais produzido pelo homem (antrophos) com objetivo de garantir sua própria sobrevivência, sua segurança, sua felicidade e seu desenvolvimento humano” (DOXIADIS, 1977, p. 52). A definição apresentada por Danserau (1978) é complementar e incorpora três noções inter-relacionados, presentes no conceito de ecossistema (comunidade ↔ meio ↔ recursos): “os assentamentos humanos são criados e mantidos por grupos de indivíduos ocupando simultaneamente um determinado território e participando de um estoque limitado de recursos” (DANSEREAU, 1978, p.163). A ONU define o assentamento humano como a “totalidade da comunidade [...] com todos os elementos sociais, materiais, organizacionais, espirituais e culturais que a sustentam” (ONU-HABITAT, 2006). São “lugares onde comunidades evoluem economicamente e socialmente com objetivo de melhorar sua qualidade de vida” (NEWMAN et al., 1996).

Os componentes essenciais dos sistemas ecológicos (componentes bióticos/abióticos e recursos/agentes/produtos/níveis tróficos) podem ser identificados nos assentamentos humanos, portanto estes são entendidos e estudados como ecossistemas ou sistemas de ecossistemas (que, por sua vez estruturam a paisagem) (DANSEREAU, 1978, p.161; FORMAN, 2014, p.3; ODUM, 1971, p.7). A noção de ecossistema permite inferir uma série de características sobre os assentamentos humanos: são sistemas abertos (estão em interações com outros sistemas, com os quais realizam trocas de recursos e produtos), são dinâmicos (estão em constante transformação, no tempo e no espaço, onde influenciam e são influenciados por inúmeros processos). Também são capazes de se auto organizar e desenvolver – inclusive crescer, manter-se ou decair: “o processo de morte de um assentamento está completo quando toda razão para sua vida deixa de existir” (DOXIADIS, 1968, p.287).

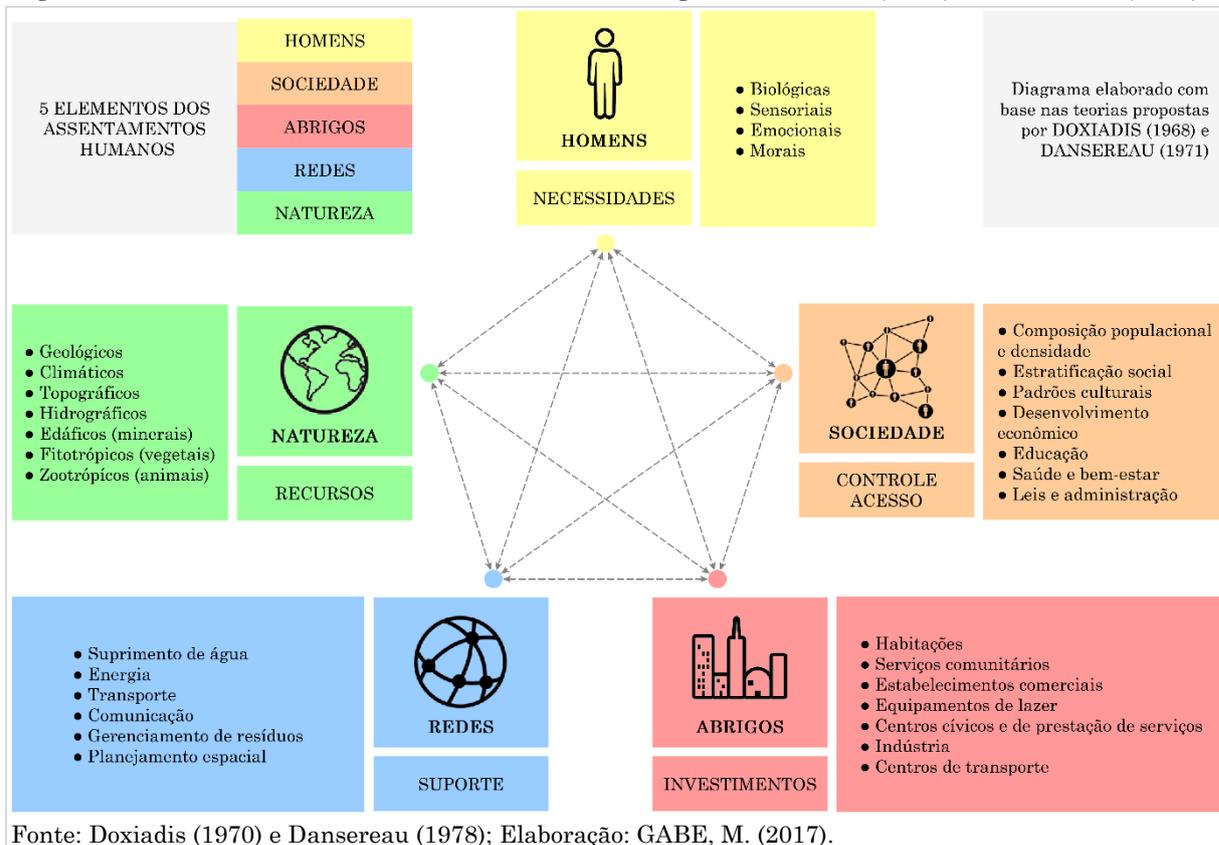
Quais seriam os elementos dos assentamentos humanos? Segundo Doxiadis (1970, p.394), os assentamentos humanos seriam compostos por cinco elementos básicos: (1) a natureza; (2) os indivíduos²⁵; (3) a sociedade; (4) os abrigos; (5) as redes. Esta classificação é adotada por Dansereau que a complementa, especificando e detalhando melhor cada um dos seus elementos constituintes, conforme está sintetizado na Figura 14.

A ‘natureza’ engloba os componentes abióticos (os fatores climáticos, geológicos, topográficos e hidrográficos, e os recursos minerais) e os componentes bióticos (recursos fitotrópicos e zootrópicos). Este conceito descreve a base geo-biofísica “natural” na qual o assentamento humano situa-se, ou seja, o “sítio” (SOUZA, 2015, p. 64). Conforme argumenta Menegat (2010), seria incorreto pensar que os assentamentos humanos apenas “depositam-se” sobre o sítio, quando na realidade, estes se encontram “engastados” e profundamente inter-relacionados com a base

²⁵ No diagrama cima foi mantido o termo ‘homens’ para preservar o sentido original proposto por Doxiadis, que não se refere ao ‘indivíduo’ propriamente, mas à grupos de indivíduos ou segmentos populacionais. Porém, Dansereau, em sua classificação adaptada, interpretou este termo no sentido de indivíduos (ele fala nas necessidades a presente pesquisa utilizará o termo ‘indivíduos’ no lugar. Este termo é mais preciso e recorrente na literatura atual.

geo-bio-física onde estão situados, especialmente nos casos das cidades e metrópoles.

Figura 14. Os elementos do assentamento humano, segundo Doxiadis (1970) e Dansereau (1978).



Os benefícios que a natureza oferece aos habitantes são chamados de “serviços ecológicos”, usualmente classificados em serviços de suporte (produção primária, reciclagem de nutrientes, etc.), serviços de provisão (comida, água, matérias-primas, etc.), serviços de regulação (purificação do ar e da água, regulação climática, decomposição de resíduos, etc.) e serviços culturais (saúde física-mental, bem-estar, recreação, desenvolvimento cognitivo e espiritual, etc.).

Os ‘homens’, ou ‘indivíduos’, seriam as “entidades de segundo grau”²⁶ e, constituem o elemento fundamental e central dos assentamentos humanos, já que

²⁶ As entidades de primeiro grau são resultantes da associação de organelas (as células), as de segundo grau são constituídas pela associação de células (os organismos policelulares) e as de terceiro grau emergem da associação de organismos policelulares (as sociedades animais) (MORIN, 2005).

estes são concebidos para responder, essencialmente, às necessidades dos indivíduos. As necessidades podem ser classificadas em biológicas (manutenção das funções vitais básicas), sensoriais, emocionais e morais. Os indivíduos são capazes de estabelecer diversos tipos de relações sociais (íntimas, pessoais, sociais e públicas), e dentro de cada contexto, os indivíduos adotam comportamentos sociais e territoriais específicos. A variedade de comportamentos, associadas às necessidades e atividades que estas demandam, fazem com que existam tipos de espaços distintos nos assentamentos humanos.

As sociedades humanas são “entidades de terceiro grau” organizadas a partir de interações e associações entre indivíduos e grupos, das quais emerge o “universo antropossocial” que engloba, simultaneamente, as dimensões biológica, social, econômica, cultural, técnica e política (MORIN, 2005, p. 263). A sociedade seria composta, então, de extratos populacionais (classes sociais, econômicas, etc.), de firmas (envolvidas nas atividades produtivas e de apoio a produção, nos diversos setores econômicos) e de instituições, responsáveis pelo controle (administração, planejamento, legislação) e pelo acesso (aos recursos, aos serviços e infraestrutura básica) (SANTOS, 1997). Nas sociedades modernas, o Estado é a instituição responsável por garantir que os habitantes tenham acesso aos serviços considerados básicos para a manutenção da qualidade de vida (alimentos, empregos, saúde, educação, lazer) e detém o controle sobre os meios de administração e planejamento do território.

Os ‘abrigos’ referem-se às edificações humanas concebidas com o objetivo de abrigar as diversas funções e atividades presentes nos assentamentos humanos. As edificações, ou “espaços construídos adaptados” (FOLEY, 1964) compreendem habitações, indústrias, equipamentos públicos, centros comerciais, estações de transporte público, etc. Não estão incluídos nessa categoria os espaços públicos abertos e de circulação, as ruas, praças e parques, que fazem parte das ‘redes’. Os abrigos correspondem aos ‘investimentos’ realizados pelos indivíduos e a sociedade no assentamento humano, que despendem recursos (matéria, energia e informação) e tempo (trabalho humano). O acúmulo e a distribuição destes

investimentos nos assentamentos humanos, portanto, nunca é homogênea: certos lugares sempre recebem mais investimentos que outros em função de fatores específicos do sítio, econômicos, políticos, culturais, etc. Os abrigos sempre demandam novos investimentos através de manutenção constante e de reestruturação quando é necessário adaptar os espaços a novos usos, com adições e subtrações de espaços.

As ‘redes’ referem-se especificamente às “redes de infraestrutura técnica” (SOUZA, 2015, p. 164) que dão suporte aos indivíduos, à sociedade, ao funcionamento dos abrigos. Elas estão diretamente envolvidas na distribuição e circulação de energia, matérias-primas, produtos, pessoas e informações. São as redes de abastecimento (água potável, energia elétrica, combustíveis fósseis), redes de tratamento (esgotamento sanitário, resíduos sólidos) redes de telecomunicação (telefonia, internet), redes de circulação (viária).

Doxiadis e Dansereau ressaltam que não se pode buscar a compreensão destes elementos isoladamente, pelo contrário, estes devem ser entendidos como um conjunto de elementos em inter-relações mútuas, que constituem um verdadeiro sistema: “os diversos elementos do espaço estão em relação uns com os outros [...] e não são relações apenas bilaterais, uma a uma, mas relações generalizadas” (1985, p.11). Doxiadis (1968), afirma que para compreender a inter-relação entre os elementos é preciso estudá-los simultaneamente, focando a atenção para o assentamento humano “como um todo” (ibid., p.35).

Portanto, depois dessa análise individual dos ‘elementos’ dos assentamentos, de acordo com esses autores, podemos tentar realizar a síntese, ou seja, a reintegração destes elementos. Podemos iniciar esta síntese a partir dos ‘abrigos’ e das ‘redes’ que se encontram justapostos no espaço e, em conjunto, configuram o que chamamos de “ambiente construído” (‘built environment’) (SOUZA, 2015, p. 64) ou “estoque construído” (‘physical stock’ (ECHENIQUE, CROWTHER e LINDSAY, 1969)) e, que também poderia ser referida como a dimensão “artificial” dos assentamentos (no sentido do termo inglês ‘*man made*’). Mas os assentamentos não são constituídos apenas por conjunções e sobreposições

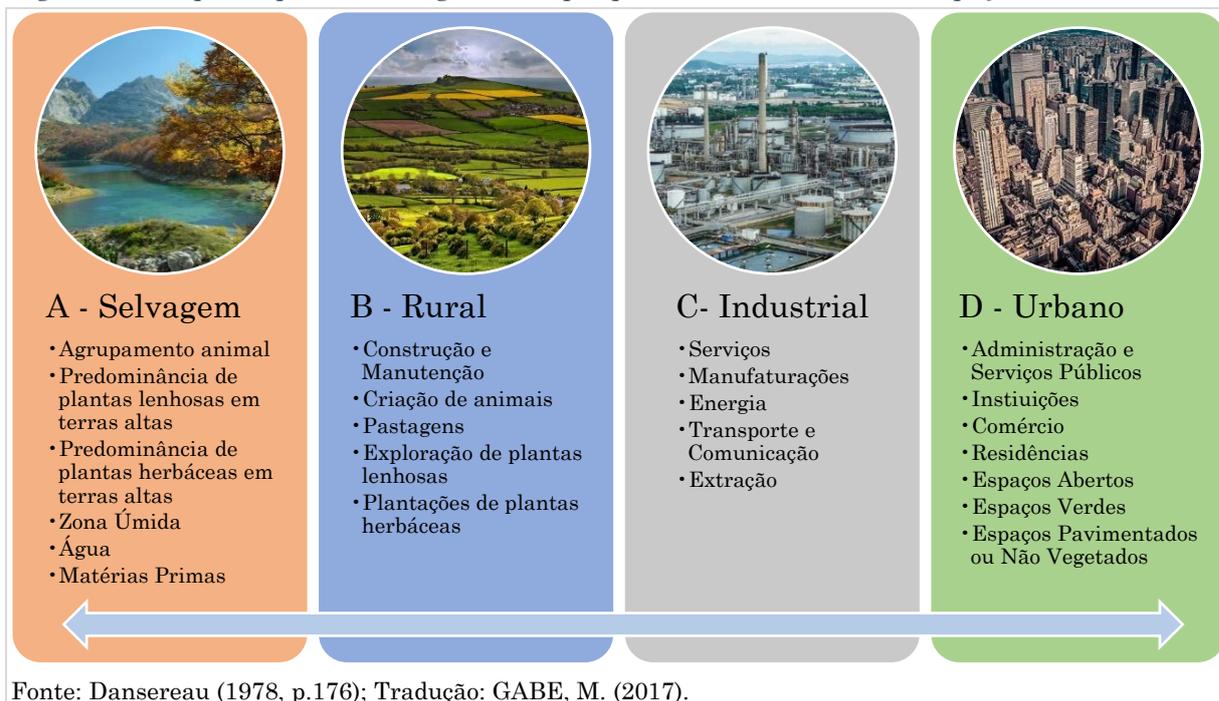
de artefatos humanos, isolados de qualquer contexto. O ambiente construído está efetivamente engastado no 'sítio' e, ao mesmo tempo, suporta e abriga outros organismos vivos. A totalidade do conjunto 'abrigos', 'redes' e 'natureza' constitui, então, aquilo que seria a base (o substrato) material espacial dos assentamentos humanos. Este "substrato material espacial" (SOUZA, 2015, p. 64), que é tanto natural quanto artificial, tanto vivo quanto inerte, é o 'habitat', o 'oikos' no qual desenvolvem-se os 'indivíduos' e a 'sociedade'.

A qualidade das relações sociais e do desenvolvimento humano estarão sempre limitadas às condições que este 'habitat' humano é capaz de proporcionar e, de maneira complementar e antagônica, o "desempenho" deste 'habitat' dependente, em parte, das condições de sua população/sociedade para desempenhar as suas funções e serviços ecológicos (ex.: fatores econômicos, políticos e culturais). Ou seja, há uma dupla articulação, envolvendo um feedback constante, entre como o habitat influencia a sociedade e como esta, por sua vez, atua sobre o habitat em resposta às suas influências.

Vale lembrar que há uma classificação similar à esta de Doxiadis, por Milton Santos em "Espaço e Método" (1997), onde este autor se refere aos elementos do espaço social ou "espaço humano". Os elementos do espaço para Santos seriam: (1) o meio-ambiente; (2) o indivíduo; (3) as instituições; (4) as firmas; (5) as redes de infraestrutura. Podemos notar nesta classificação de Santos que se trata dos mesmos elementos, embora ele distinga a sociedade entre firmas e instituições e una os 'abrigos' e as 'redes' em apenas uma categoria, denominada 'redes de infraestrutura'.

Outro aspecto a ser abordado sobre os assentamentos humanos são as "paisagens emergentes" Dansereau (1978, p.173) que podem ser associadas às diferentes formas de uso e ocupação do solo pelos seres humanos, e que são classificadas segundo suas características energéticas (níveis trópicos) e processos dominantes (autóctones, agrígenos, fabrígenos e urbígenos). As quatro paisagens emergentes (ou painéis) são: (1) selvagem; (2) rural; (3) industrial; (4) urbano (ver Figura 15).

Figura 15. Os quatro painéis emergentes e tipos predominantes de uso e ocupação do solo.



As quatro paisagens emergentes foram subdivididas em “blocos” segundo uma classificação ecológica das formas de ocupação do solo (cujas categorias básicas estão sintetizadas na Figura 15). Da combinação desta enorme variedade de possíveis formas de ocupações do solo existente ocorre a conformação de mosaicos de paisagens: “Alguns serão predominantemente selvagem, ou rural, ou industrial ou urbano. Alguns conterão muitos elementos contíguos que vão graduar entre um e outro ou contrastar bruscamente entre si” (ibid. p.174).

As áreas (ou paisagens) selvagens respeitam as leis naturais, apresentam “processos autóctones de estabilização e mudanças” (ibid.) e, embora possam ser utilizadas ou indiretamente gerenciadas pela ação humana, não são imediatamente e visivelmente influenciadas por esta. As áreas rurais são “muito mais transformadas, mas esparsamente ocupadas pelo homem” (ibid.) e nelas prevalecem os processos ‘agrígenos’ sobre os autóctones (inclusive através da remoção e o controle da flora e fauna).

As áreas industriais são caracterizadas por “investimento muito pesado, informações sofisticadas, ocupação muito densa, e uso intenso” (ibid.) e os processos ‘fabrígenos’ dominam. As áreas urbanas “são densamente construídas e abrigam uma grande e concentrada população humana” (ibid.) e são amplamente dependentes dos recursos de outros ecossistemas. Nestas áreas predominam os processos ‘urbígenos’ que são responsáveis por grandes diferenciações e diversificações internas e que buscam as condições para satisfazer diversas necessidades humanas (ibid.).

As perspectivas e abordagens propostas por Doxiadis e Dansereau fornecem uma base teórica para pensar os termos ‘urbano’ e ‘rural’ como conceitos que remetem a padrões ou formas específicas de assentamentos humanos – ou seja, que apresentam estruturas de organização sócioespacial e funcional similares. Estudos recentes, que dão continuidade a estas abordagens ecológicas/holísticas, têm buscado compreender a dinâmica e as estruturas que compõem os “sistemas de assentamentos humanos”, de acordo com a interpretação de que comunidades urbanas e rurais precisam ser examinadas e consideradas segundo seus papéis (funções) e sua posição na rede de assentamentos humanos.

Atualmente, e especialmente no que diz respeito às definições normativas de ‘urbano’ e ‘rural’, prevalecem os critérios focados no tamanho ou densidade populacional e nas funções econômicas. Estes critérios estão associados à dimensão ‘sociedade’ que é apenas um fator entre tantos que caracterizam os assentamentos.

A presente pesquisa assume a visão de que poderia haver mais esforços (do meio técnico-político e científico-acadêmico) em buscar classificações e definições que considerem e englobem outros elementos envolvidos, como os apontados por Doxiadis e Dansereau (ver Figura 14, p. 75). Considera-se que estas abordagens reforçam a importância de tentar incorporar às análises e propostas, de forma clara e ética, as inter-relações mútuas que constituem os sistemas e cada sistema como um todo, no objetivo de compreender e intervir sobre os espaços ocupados pelos habitantes de Lajeado.

2.2| Crescimento e Expansão Urbana |

Este subcapítulo busca revisar e esclarecer os conceitos de ‘crescimento urbano’ e ‘expansão urbana’, que são fundamentais no desenvolvimento da presente pesquisa, e não é possível compreendê-los sem o auxílio de outros conceitos associados, tais como, ‘espaço urbano’, ‘estrutura urbana’ e ‘forma urbana’. Assim, esse conjunto de conceitos é aqui interpretado, nos objetivos da pesquisa.

O termo ‘urbano’ é o fator comum em todos estes conceitos e assume sua função de adjetivo, referindo-se “àquilo que pertence ou é próprio da cidade” (MERRIAM-WEBSTER, 2003). Aqui, devemos estender a noção de ‘cidade’ ao conceito mais amplo de ‘assentamentos urbanos’, passando a incluir também vilas, distritos e metrópoles, já que “é indispensável admitir que [...] a ‘cidade’, no senso estrito, não é a única forma possível de coletividade ou comunidade urbana” (LEDRUT, 1971, p. 11). Os assentamentos urbanos se diferenciam dos outros tipos de assentamentos em função de características específicas (padrões) de organização espacial e social²⁷, caracterizados pela predominância dos processos “urbígenos e cibernígenos” (DANSEREAU, 1978), pela alta densidade²⁸ populacional e construída e pela grande diferenciação e diversificação social e do substrato material espacial (ibid.).

Entre estas características definidas por Dansereau, a alta densidade populacional é uma das mais citadas para diferenciar estes dois espaços pois é em função da proximidade física que resulta da aglomeração de indivíduos, que existe maior possibilidade de “interações espontâneas” (MORIN, 2005, p. 268). As

²⁷ Entende-se que a ‘dimensão social’ é constituída por uma série de dimensões inter-relacionadas, comumente classificadas em: (1) política; (2) econômica; (3) cultural (4) técnica e (5) demográfica (6) territorial (7) ética e (8) eco(bio)lógica (DOXIADIS, 1978).

²⁸ Medidas de densidade física descrevem “a relação entre uma determinada área e o número de certas entidades situadas nesta área [...], as entidades podem ser pessoas, habitações, serviços, área construída” (PONT e HAUPT, 2009, p. 15). Segundo Pont e Haupt, diversos métodos são possíveis para medir ou regular a densidade em espaços urbanos: (1) densidade populacional e de habitações; (2) intensidade de uso do solo; (3) taxa de ocupação; e (4) altura construída/número de pavimentos (ibid., p. 72).

interações espontâneas entre os indivíduos e grupos “comportam não só complementariedade e solidariedades, mas também concorrência, antagonismo, desordens”, resultando na eco-organização social.

No contexto do ‘espaço urbano’, o termo ‘espaço’ remete ao seu sentido mais amplo e abrangente, de ‘espaço humano’ conforme definido por Santos: é o produto de uma dupla articulação entre as relações sociais (entre os indivíduos e os grupos sociais que estabelecem os diversos segmentos populacionais, intuições e firmas) e a configuração territorial (o meio-ambiente, os abrigos e as redes). Portanto, o ‘espaço urbano’ é um conceito que engloba simultaneamente a dimensão material (física-geo-biológica) e a dimensão imaterial (antropossocial) que, na sua totalidade, configura o eco(bio-socio)sistema urbano (MORIN, 2005).

É comum encontrar o termo ‘estrutura urbana’ como sinônimo de ‘espaço urbano’ e, no limite, é uma aceção possível, mas, para compreender com clareza este conceito, é preciso revisar o conceito de ‘estrutura’. Para Santos (1985) a estrutura “implica a inter-relação de todas as partes de um todo; o modo de organização ou construção” (ibid., p. 37). Para Morin (2013), estrutura refere-se ao “conjunto de regras de junção, de ligação, de interdependência, de transformações” de um sistema (ibid., p. 168). Neste sentido, a estrutura é o resultado do processo ativo de ‘estruturação’ (que busca conformação, estabilidade, equilíbrio) e que, por sua vez, precisa ser concebido enquanto produto da organização, que é “uma noção mais complexa e rica do que a estrutura” (ibid.). A organização é um processo gerador e mantenedor, que comporta de maneira simultânea a transformação e a formação (morfogênese²⁹) (ibid.). Ou seja, é ela que estrutura e dá forma, no espaço e no tempo, a novas realidades: “liga, transforma os elementos de um sistema, produz e mantém esse sistema” (MORIN, 2013, p. 165).

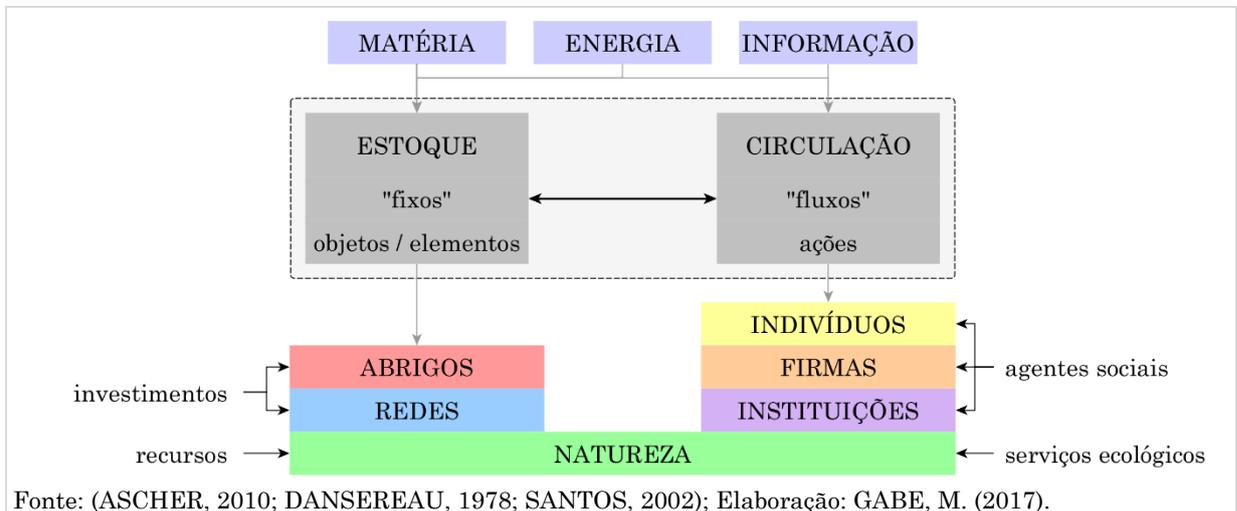
A ‘estrutura urbana’, portanto, só pode se referir àquilo que é resultante dos processos geradores e mantenedores do ‘espaço urbano’. E quais seriam os processos organizadores do espaço urbano? Existem inúmeras teorias,

²⁹ Termo que tem origem das palavras gregas “morpho” (forma) e “genesis” (origem).

provenientes de diversas áreas do conhecimento que definem e descrevem estes processos.

O presente trabalho apresenta uma abordagem possível para explicar a organização da estrutura urbana (e dos assentamentos humanos em geral), que teria origem na inter-relação entre “fixos” (sistemas de objetos) e “fluxos” (sistemas de ações) no espaço-tempo (SANTOS, 2002, p. 38). Essa é uma ideia que também está presente em teorias de outros autores, ainda que em diferentes enfoques (ECHENIQUE, et al., 1974; DOXIADIS, 1970; ASCHER, 2010).

Figura 16. Diagrama da dinâmica dos “fixos” e “fluxos” de matéria, energia e informação, associado aos elementos dos assentamentos urbanos.



A dinâmica das atividades sociais se traduz em distintos padrões de uso e ocupação dos espaços, configurando a organização espacial dos assentamentos urbanos. As atividades podem ser classificadas quanto à sua dinâmica espaço-temporal em dois tipos básicos: (i) as atividades que acontecem “em lugares” (ex.: atividades de caráter residencial, comercial, serviços, indústrias); (ii) as atividades que acontecem “entre lugares”, envolvendo a circulação de pessoas e distribuição de bens e informações (ECHENIQUE et al. 1971, apud. AYENI, 1975, p. 967).

As atividades sociais demandam investimentos em abrigos concebidos para suas necessidades específicas (as edificações e os demais elementos construídos) e em redes de infraestrutura, que fornecem o suporte básico (suprimento de água,

energia, comunicação, etc.). O investimento em abrigos e redes, e o acúmulo de recursos correspondem a um processo de “estocagem” de matéria, energia e informação nos lugares onde as atividades ocorrem. As atividades que ocorrem “entre lugares” estabelecem ‘fluxos’ de pessoas, bens e informações que se deslocam entre diferentes lugares e estão fortemente dependentes das redes de circulação, transporte e abastecimento.

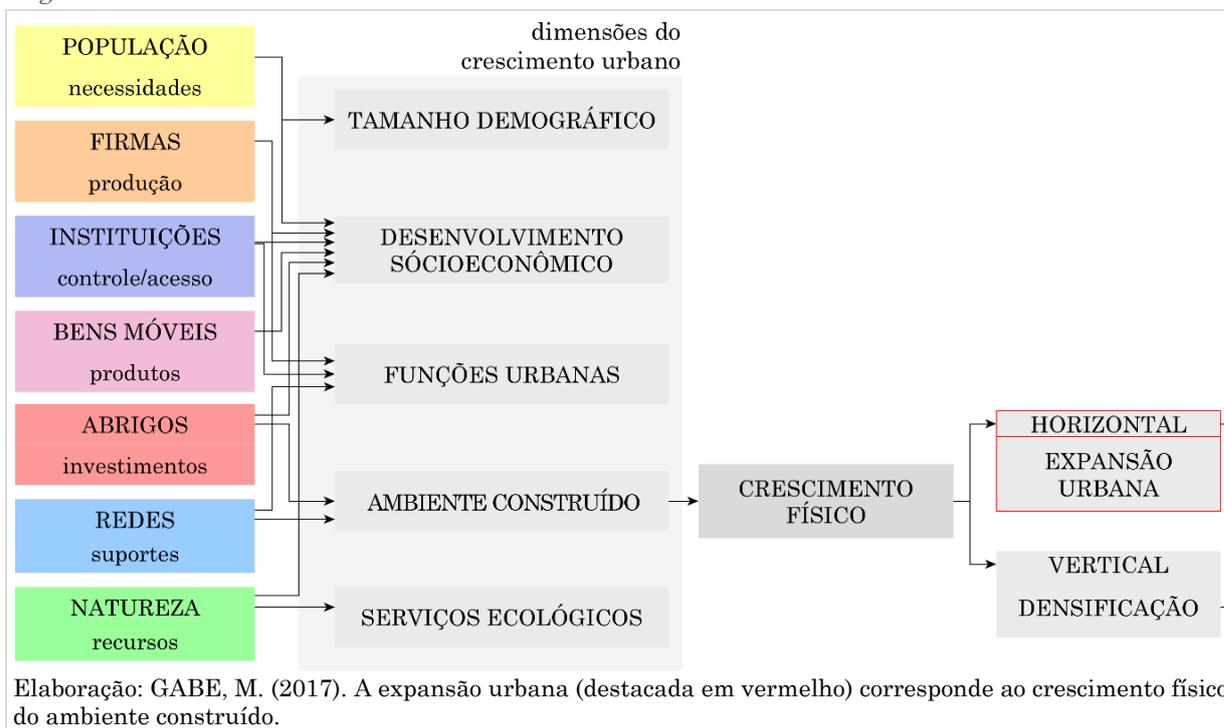
A aparência físico-material que a estrutura assume em um determinado momento é aquilo que podemos visualizar e descrevemos como ‘forma’: “o aspecto visível de alguma coisa” (SANTOS, 1997). Uma mesma estrutura, dotada dos mesmos elementos e da mesma configuração pode servir a múltiplas funções e assumir diferentes formas em diferentes momentos ou lugares (SANTOS, 1997).

A ‘forma urbana’ refere-se especificamente à dimensão física dos assentamentos urbanos, ou, em outras palavras refere-se “à configuração espacial dos elementos fixos” (DEMPSEY et al., 2010, p21). Conforme vimos, os ‘elementos fixos’ correspondem ao ‘ambiente construído’ conforme a definição dada por Souza (2015, p.64) e Santos (2009). Usualmente, o conceito de ‘forma urbana’ não inclui os elementos naturais (‘natureza’), ou seja, trata exclusivamente dos espaços construídos, sendo que é o conceito de ‘substrato espacial material’ que abrange, os elementos naturais presentes no espaço urbano.

Em estudos urbanos a ‘forma urbana’ pode ser registrada e analisada de diversas maneiras com a utilização de modelos (digitais ou físicos) e técnicas de representação (2D, 3D, simulações, etc.). Para este trabalho, interessa estudar o crescimento físico da forma urbana, o que será realizado através da análise da evolução das ‘áreas construídas’, possíveis de serem reconhecidas em imagens de satélite em função de sua aparência e forma física. O termo ‘áreas construídas’ (*built-up areas*) refere-se aqui, a um tipo de cobertura do solo, mais especificamente à representação planejada das áreas predominantemente cobertas por materiais artificiais (ex.: cobertura das edificações, asfalto, concreto, superfícies impermeáveis em geral, etc.) (BHATTA, 2010).

É comum na literatura a utilização do termo ‘crescimento urbano’ (*‘urban growth’*) para descrever apenas o crescimento físico do ambiente construído dos assentamentos urbanos, nesse caso, como sinônimo de ‘expansão urbana’ (*‘urban expansion’*). No presente trabalho, consideramos que a expansão urbana, o crescimento físico, é apenas uma entre várias dimensões que constituem o crescimento urbano: o crescimento demográfico (vegetativo/migratório) e o desenvolvimento socioeconômico (GUTTENBERG, 1960, p. 108), à incumbência de novas funções urbanas (MÜLLER, 1974), ampliações e melhorias do ‘ambiente construído’ (abrigo e redes) (MURILLO, ANDERIES e CASTILLO-CHÁVEZ, 2009, p. 6) e também melhorias na capacidade dos serviços ecológicos (DOXIADIS, 1970). Esta descrição da associação entre os elementos dos assentamentos e as dimensões do crescimento urbano está representada no diagrama da Figura 17, abaixo.

Figura 17. Dimensões do crescimento urbano associadas aos elementos dos assentamentos urbanos.



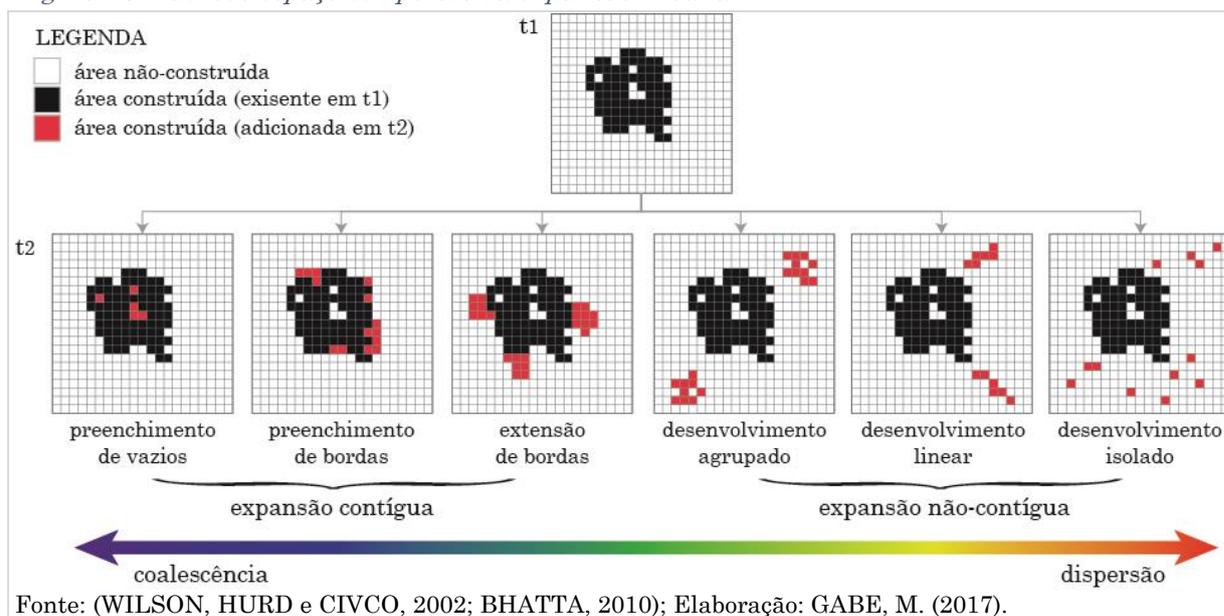
As dimensões do crescimento urbano estão inter-relacionadas, de maneira que uma “melhoria” (quantitativa ou qualitativa) em algumas dessas dimensões

tem o potencial para desencadear mudanças e transformações em outras. O ‘tamanho demográfico’ propicia um exemplo muito claro: o crescimento populacional, seja vegetativo ou migratório, produz mais demanda por estoque construído (habitações, equipamentos públicos, redes de infraestrutura, etc.), por empregos e bens de consumo (com efeitos sobre a economia) e por serviços ecológicos (áreas verdes, água, comida, etc.). E estas relações podem ocorrer em qualquer sentido, ou seja, é possível promover melhorias na infraestrutura urbana e, com isso, atrair empresas e investimentos, que por sua vez, podem atrair novos moradores.

As transformações no ‘ambiente construído’ (abrigos e redes) é o que nos interessa para esse trabalho, isto é, o crescimento físico dos assentamentos, e mais especificamente, o crescimento horizontal, a expansão urbana (ver diagrama da Figura 17). A expansão urbana, como já vimos, é caracterizada por transformações na cobertura do solo, ou seja, representa a expansão de áreas urbanas já consolidadas ou a criação de novas áreas, em locais antes não edificados ou adaptados.

Segundo Wilson, Hurd e Civco (2002), existem seis padrões comuns de expansão urbana, conforme está representado no diagrama da Figura 18, que apresenta as diferentes possibilidades de expansão (t_2) para um mesmo núcleo urbano inicial (t_1). Estes padrões podem ser classificados em dois tipos principais: (i) ‘expansão contígua’, que descreve o crescimento de áreas existentes por ‘preenchimento’ (de vazios ou bordas) e por ‘extensão’ (de bordas); (ii) ‘expansão não-contígua’, que descreve o “surgimento” de novas áreas, isoladas em relação às áreas já existentes, e que são classificadas de acordo com seus padrões espaciais de desenvolvimento: agrupado (*clusters*), linear e isolado. A expansão urbana contígua produz ‘formas urbanas’ mais compactas, enquanto, a expansão não-contígua, produz formas mais dispersas.

Figura 18. Padrões espaço-temporais da expansão urbana.



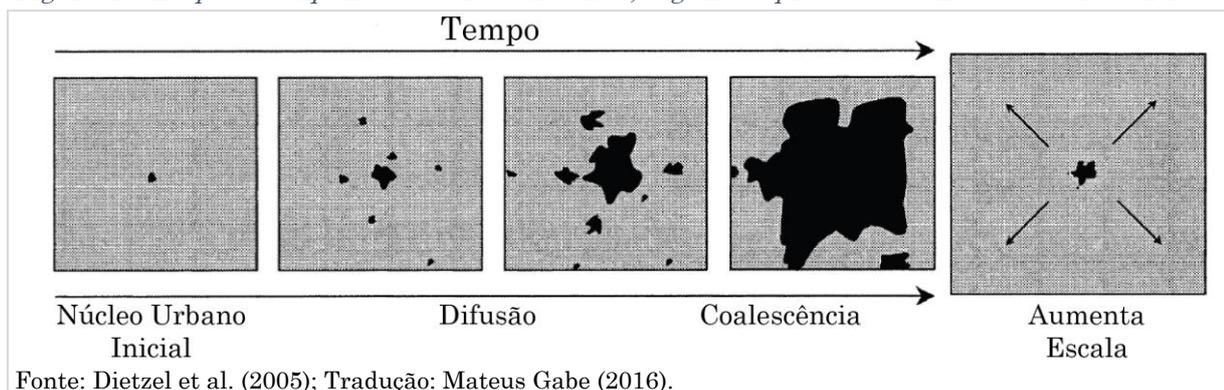
Esses diferentes padrões de expansão podem ocorrer de maneira simultânea e, cada um, com diferentes níveis de intensidade. Para Dietzel et al. (2005), a evolução espacial da forma urbana é entendida através de um processo de duas fases: de difusão, no sentido de dispersão, e de coalescência, no sentido de agrupamento (ver Figura 19). Segundo a hipótese descrita por Dietzel et al. (2005), a partir de um núcleo urbano inicial (uma ‘mancha de área construída’), localizado em uma paisagem que apresente possibilidades de expansão (não saturada), inicia o processo de dispersão³⁰, que estimula o surgimento de novos núcleos não contíguos a este primeiro núcleo urbano inicial (acrescimento de ‘manchas’ na paisagem). Concomitantemente a esse processo de difusão, ocorre o “crescimento orgânico” das manchas já existentes, seja pelo preenchimento de bordas ou vazios internos, ou pela extensão das bordas.

O processo de difusão e crescimento orgânico das áreas urbanas continua até atingir um ponto crítico, onde não há mais espaço, e as manchas passam a coalescer (agrupar), aumentando de tamanho, até que a paisagem se torna

³⁰ Os motivos que podem estimular a dispersão urbana podem ser “socioeconômicos, natural ou tecnológicos” (DIETZEL et al., 2005, p.178). Essa pesquisa, foca nas relações entre a expansão urbana dispersa e a flexibilização do perímetro urbano.

saturada e composta por grandes manchas de área urbana (podendo, eventualmente, se tornar uma única mancha). Esse núcleo urbano consolidado pode ser visto, sob outro ponto de vista, como o núcleo inicial para um novo processo de dispersão, em outra escala.

Figura 19. Etapas da expansão de ‘áreas urbanas’, segundo o processo de difusão e coalescência.

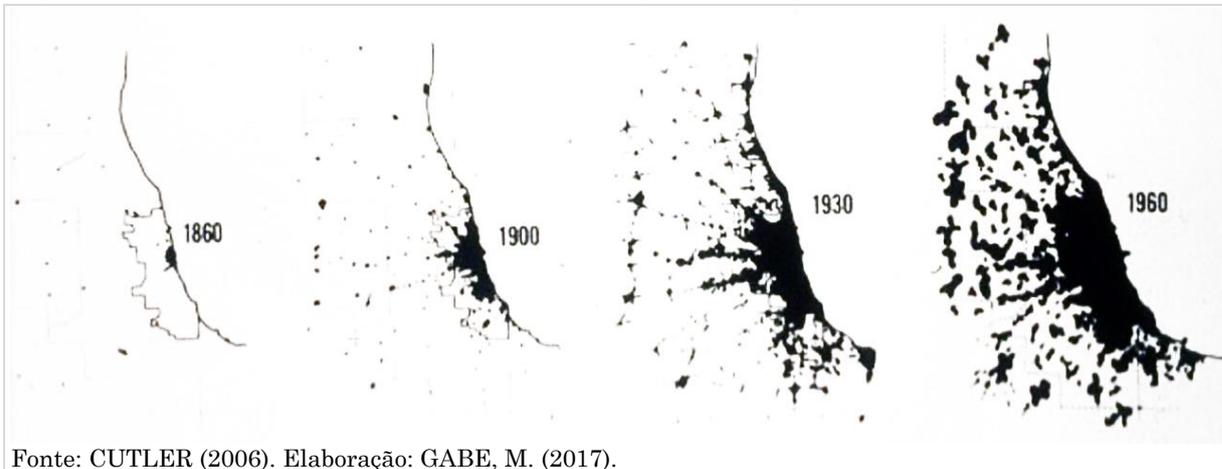


Os processos espaciais de difusão/coalescência na expansão urbana, podem ser observados através da evolução da ‘mancha urbana’ conforme o exemplo para o município de Chicago (EUA) na Figura 20. É possível verificar que para todos os períodos apresentados na figura, existe expansão com características de difusão (surgem novas manchas) e com características de coalescência (as manchas crescem e se agrupam). Esse padrão espaço-temporal de expansão urbana dispersa que ocorreu no município de Chicago, com a cidade “esparrramada” para todos os lados, é considerado por vários autores como um exemplo de “espalhamento urbano” (*urban sprawl*). Esse conceito não possui definições claras e não será utilizado neste trabalho.

As razões que levaram a cidade de Chicago a crescer desta forma, com esse padrão de espalhamento da mancha urbana têm origem no modelo de transporte americano (voltado para o transporte particular), em políticas habitacionais federais (que estimularam e subsidiaram a casa própria nos subúrbios) e, até mesmo, por questões raciais e de classe (segregação socioespacial) (CUTLER, 2006). Porém, também está relacionado a mudanças no perímetro do município: “a

anexação de 1989 triplicou a área da cidade; incorporou comunidades suburbanas já estabelecidas e vastas áreas de terras não ocupadas” (ABBOT, 2005).

Figura 20. Evolução da ‘mancha urbana’ do município de Chicago (EUA), 1860/1960.



Fonte: CUTLER (2006). Elaboração: GABE, M. (2017).

Diversos autores apontam as relações entre o desenvolvimento tecnológico, especialmente das tecnologias de comunicação e transporte, como fator determinante na existência de formas urbanas dispersas: “formas urbanas dispersas, descentralizadas e desconcentradas são hoje muito mais factíveis tecnologicamente do que antes” (HARVEY, 2010, p. 77). Ascher (2010, p. 53), reforça o papel do desenvolvimento tecnológico e do processo de urbanização, que contribuem para enfraquecer a importância da proximidade física, transformando a escala e a forma das cidades, e contribuindo para tornar os “limites e as diferenças físicas e sociais entre cidade e campo cada vez mais tênues”.

2.3| Legislação e planejamento urbano |

Para compreender as origens da prática de flexibilização do perímetro urbano é preciso atentar para o conjunto de leis que tratam das políticas públicas urbanas, dos instrumentos de planejamento urbano e do ordenamento territorial dos municípios. Esse conjunto de leis que dispõe sobre questões envolvendo o ordenamento e o regramento dos espaços urbanos (e rurais, por extensão) que vêm

a constituir uma 'legislação urbana' e influi diretamente nas questões referentes ao perímetro urbano e à expansão urbana, abordados anteriormente. O objetivo aqui é justamente examinar como esta 'legislação urbana', que se constituiu gradativamente, em momentos políticos bem diversos, repercute sobre o planejamento e a expansão dos municípios, no que diz respeito à flexibilização do perímetro urbano.

Podemos destacar seis leis federais, promulgadas entre 1938 e 2012, que são de grande relevância para esse estudo: (i) o Decreto-Lei nº 311, de 1938, que dispõem sobre a divisão territorial do país; (ii) a Lei nº 5.172, de 1966, que dispõem sobre o Código Tributário Nacional; (iii) a Lei nº 6.766, de 1979, que dispõem sobre o parcelamento do solo urbano; (iv) a Constituição Federal de 1988; (v) a Lei nº 10.257, de 2001, o Estatuto da Cidade, que estabelece as diretrizes gerais da política urbana; (vi) a Lei nº 12.608, de 2012, que adiciona os artigos 42A e 42B ao Estatuto da Cidade. A Tabela 10, abaixo, apresenta um resumo das principais observações feitas sobre cada lei.

O Decreto-Lei nº 311, promulgado na época do Estado Novo de Getúlio Vargas, estabeleceu diretrizes para a demarcação do território político-administrativo dos municípios e definiu critérios para delimitação dos “quadros urbanos” (baseado em valores mínimos de densidade de domicílios). Mas esta lei também definiu que “as cidades (sedes de municípios) e as vilas (sedes de distritos) são urbanas e que o restante do território é rural” (IBGE, 2010). Esta lei, vigente até hoje, é considerada “anômala” e “anacrônica”, sendo amplamente criticada na literatura especializada (VEIGA, 2001; REIS, 2005; TAVARES, 2003). O Decreto-Lei nº 311, transformou qualquer vila ou sede de distrito em ‘área urbana’ “independentemente de quaisquer características estruturais ou funcionais” (VEIGA, 2001, p.2) ao ponto que “até populações indígenas ou guardas florestais de áreas de preservação são considerados urbanos” (ibid., p.5). Isto gera situações anômalas e possibilita a definição de ‘área urbana’ para distritos e vilarejos cujas características são plenamente rurais, mas que possuem agrupamento mínimos de moradias e algum comércio e/ou serviço. Não existe nenhuma menção específica ao

‘perímetro urbano’ nesta lei, embora fique claro tratar-se de um ‘macrozoneamento territorial’, que divide o município em duas zonas: ‘urbana’ e ‘rural’.

Tabela 10. Resumo descritivo dos principais aspectos da ‘legislação urbana’ abordados na pesquisa.

ANO	INSTÂNC.	LEI	DESCRIÇÃO	ASPECTOS IMPORTANTES
1938	Federal	Decreto-Lei nº 311	“Dispõe sobre a divisão territorial do país...”	<ul style="list-style-type: none"> • Define que as sedes de municípios e vila (distritos) são urbanas e que o restante do território é rural • Pela necessidade dos municípios em estabelecer os limites de suas áreas urbanas surge, através de atos baixados por prefeitos, a figura legal do perímetro urbano.
1979	Federal	Lei nº 6.766 Lei Lhemann	“Dispõem sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências”	<ul style="list-style-type: none"> • Define normas para implantações de loteamentos, requisitos mínimos e padrões urbanísticos. • Loteamentos só podem ser construídos em áreas urbanas ou de expansão urbana. • Atribui aos loteadores a função de executar a infraestrutura urbana básica, enquanto o município está encarregado de garantir os equipamentos/serviços públicos.
1988	Federal	Constituição Federal de 88	Estabelece a Constituição Brasileira .	<ul style="list-style-type: none"> • Transforma os municípios em entes federativos, ampliando suas capacidades de autonomia administrativa, financeira e política. • Favorece um intenso processo de emancipações de municípios, interrompido desde o período da Ditadura Militar.
2001	Federal	Lei nº 10.257 Estatuto da Cidade	“Estabelece diretrizes gerais da política urbana ...”	<ul style="list-style-type: none"> • Regulamenta as diretrizes da “Política Urbana” e define uma série de instrumentos urbanísticos, incluindo o Plano Diretor
2012	Federal	Lei nº 12.608	Adiciona os artigos 42A e 42B no Estatuto da Cidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece que os municípios devem elaborar um plano para a expansão do município, contemplando aspectos urbanísticos, paisagísticos, econômicos e culturais.

Devido à necessidade dos municípios em estabelecer os limites de suas áreas urbanas, a figura legal do ‘perímetro urbano’ surgiu naquela época (década de 30 do séc. XX) implementada por meio de atos baixados por prefeitos (TAVARES, 2003, p. 36). Até os dias de hoje, o perímetro é delimitado oficialmente através da ‘Lei do Perímetro Urbano’, cuja formulação é de competência exclusiva do poder público municipal, serve a fins urbanísticos e tributários (ibid, p.36). Como o ‘perímetro urbano’ não está “oficialmente” normatizado em nenhuma lei federal, os critérios para definição das ‘zonas urbanas’ ficam submetidos à interpretação de outras leis.

Uma dessas leis seria o “Código Tributário Nacional” (Lei nº 5.172 de 1966). Na sessão que trata do ‘Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana’ (IPTU) temos o artigo 32, que estabelece que o IPTU só pode ser cobrado das

propriedades localizadas no interior da ‘zona urbana’, e nos incisos primeiro e segundo deste artigo temos os critérios mínimos para considerar uma área urbana:

§ 1º Para os efeitos deste imposto, entende-se como zona urbana a definida em lei municipal; observado o requisito mínimo da existência de melhoramentos indicados em pelo menos 2 (dois) dos incisos seguintes, construídos ou mantidos pelo Poder Público:

- I - meio-fio ou calçamento, com canalização de águas pluviais;
- II - abastecimento de água;
- III - sistema de esgotos sanitários;
- IV - rede de iluminação pública, com ou sem posteamento para distribuição domiciliar;
- V - escola primária ou posto de saúde a uma distância máxima de 3 (três) quilômetros do imóvel considerado.

§ 2º A lei municipal pode considerar urbanas as áreas urbanizáveis, ou de expansão urbana, constantes de loteamentos aprovados pelos órgãos competentes, destinados à habitação, à indústria ou ao comércio, mesmo que localizados fora das zonas definidas nos termos do parágrafo anterior. (BRASIL, 1966).

Segundo este requisito mínimo de dois “melhoramentos”, estabelecidos no artigo, é possível enquadrar muitos povoados com características rurais como sendo urbanos nestes critérios pois, para isto, bastaria, por exemplo, apenas a existência de “abastecimento de água” e de “rede de iluminação pública”. Em 2010, mais de 82% dos domicílios particulares permanentes no Brasil tinham abastecimento de água via rede geral de distribuição (IBGE, 2010) enquanto, segundo dados do Programa Nacional de Amostras dos Domicílios (PNAD, 2010), no mesmo ano, 75% dos domicílios localizados em áreas rurais possuíam energia elétrica. Nesse sentido, estes critérios de ‘zona urbana’ apresentados por esta lei também favorecem a classificação (errônea) de áreas rurais em áreas urbanas.

Até a década de 70, poucos municípios haviam criado lei do ‘Perímetro Urbano’ e é a partir de 1980, após a promulgação da Lei 6.766 que se verifica uma mudança nesse quadro (CAIADO e SANTOS, 2003, p. 120). A Lei Federal 6.766/79, define uma série de diretrizes a respeito do parcelamento do solo dos municípios como, por exemplo, normas para a implantação de loteamentos, requisitos mínimos e padrões urbanísticos (dimensões dos lotes, das áreas verdes e áreas públicas, etc.). A lei também estabelece que loteamentos só podem ser construídos em áreas

urbanas, ou de expansão urbana e caberia aos loteadores executar a infraestrutura urbana enquanto o poder público estaria encarregado de garantir os equipamentos e os serviços públicos urbanos. Segundo Santoro (2014, p.173):

Esta Lei forneceu a gramática do parcelamento do solo no Brasil e deixou aos municípios a disciplina de regular a expansão, através da delimitação do perímetro urbano, sem exigir que fossem quantificadas as necessidades que justificassem a expansão pretendida.

Através da lei 6.766/79 os municípios se tornam aptos a transformarem áreas rurais de seus territórios em áreas urbanas. Inicialmente, e de forma direta, no âmbito jurídico-legal, através de mudanças no macrozoneamento municipal. Posteriormente, direta e indiretamente, através da viabilização de infraestrutura urbana, de loteamentos e condomínios, de complexos industriais, etc., porém, enquanto as mudanças nas formas de zoneamento e uso do solo são rápidas, quase “simbólicas”, a implementação da infraestrutura e dos serviços urbanos, a “materialidade” em si, é um processo lento e que depende, em grande parte, de recursos públicos e do interesse político. O descompasso que se verifica entre esses dois momentos do processo de urbanização, favorece que o mesmo ocorra de maneira precária e incompleta, estratégia que “mostrou-se interessante em termos dos ganhos políticos e da manutenção do clientelismo urbano” (SANTORO, 2014, p.173).

Vinte e dois anos após a promulgação da lei 6.766/79, a Constituição Federal de 1988 traz importante mudança ao papel dos municípios brasileiros, ao transformá-los em entes federativos, ampliando assim, suas capacidades de autonomia administrativa, financeira e política (ALVIM e CASTRO, 2010, p. 53). Cada município se torna responsável por elaborar a sua própria ‘Lei Orgânica’ e por desenvolver políticas públicas na área da saúde, educação, lazer, transporte coletivo, etc. para atender a sua população. Segundo Alvim e Castro (ibid.), esta mudança nas atribuições dos municípios, especialmente na delegação das políticas

sociais aos municípios, é resultante do processo de “descentralização governamental”³¹ da época.

É também a partir da promulgação da Constituição de 88 que se verifica um intenso processo de desmembramentos de municípios, o que havia sido interrompido a partir do período da Ditadura Militar e cujos resultados vem a influenciar, de forma significativa, o aumento das áreas urbanas e, na conseqüente diminuição das áreas rurais, com efeitos importantes na constituição dos municípios e na sua estrutura administrativa, produtiva e ecológico-ambiental.

O Estatuto da Cidade tem origem no Projeto de Lei do Senado nº 181 (PLS nº 181/89) que foi aprovado ainda em 1989 e enviado à Câmara dos Deputados, onde permaneceu por quase doze anos (BASSUL, 2010, p.80). Foi reformulado e aprovado apenas em 2001 como a lei federal nº 10.257/01, depois de ter sido “repudiado pelos empresários da construção civil e do mercado imobiliário” (ibid, p.81) e ter sido muito alterada nos seus objetivos iniciais, ao longo dos doze anos em que tramitou. A Lei regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição - o capítulo da “Política Urbana” - especificando as diretrizes gerais da política urbana brasileira e definindo seus instrumentos. Ao Plano Diretor foi dado grande importância, sendo considerado o “instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana” (BRASIL, 2001).

Em relação às diretrizes da política pública, a lei orienta os municípios para que busquem o desenvolvimento sustentável; o planejamento integrado dos espaços urbanos e rurais; que garantam o cumprimento da função social da propriedade e realizem a gestão democrática das cidades. Em relação ao Plano Diretor, a lei estabelece que este deve “englobar o território do Município como um todo” (ibid.) e define outras normas importantes como, por exemplo, o conteúdo

³¹ O Programa Nacional de Descentralização foi estabelecido pelo Decreto nº 1.044 de 14 de janeiro de 1994 e seu objetivo era de “fortalecer a Federação e proporcionar melhores condições para o desenvolvimento nacional [...] mediante a repartição e descentralização das atribuições da União” (BRASIL, 1994). Através da descentralização seria possível “tornar a rede de serviços públicos mais acessível à população e de estabelecer condições para a melhor aplicação dos recursos públicos” (ibid.).

mínimo do plano e as condições e formas de implementação dos novos instrumentos urbanísticos³².

Conforme Santoro (2014, p.176) os instrumentos trazidos pelo Estatuto da Cidade poderiam coibir “a ocupação informal em áreas periféricas e que aproveitassem melhor as áreas já infraestruturadas, evitando a necessidade de expansão”, ainda que estes não tenham sido concebidos exclusivamente para tal. O Estatuto da Cidade, porém, não possui instrumentos que garantam a criação de novas urbanizações com qualidade e não exige “o estabelecimento ou a revisão do perímetro urbano associados ao planejamento de como o município irá se desenvolver, baseado em diagnósticos e processos democráticos de decisão” (ibid., p.176).

Para Miranda (2009), os processos democráticos constituem a questão mais importante prevista pelo Estatuto da Cidade e “os instrumentos de política urbana só terão efetividade se representarem um projeto de cidade definido democraticamente” (ibid. p.35). Isto implica na necessidade da criação de mecanismos de participação social na formulação das políticas públicas e nos processos de planejamento e gestão urbana, como meio de garantir o atendimento de demandas específicas e a legitimidade das decisões.

Conforme já foi mencionado, a legislação urbanística brasileira nunca estabeleceu critérios ou restrições para a expansão urbana dos municípios. Para Santoro (2012), a expansão urbana é uma estratégia da expansão imobiliária que ocorre há muito tempo no Brasil – e é possibilitada, principalmente, através do perímetro urbano flexível. O processo de expansão urbana continua com grande intensidade nos municípios brasileiros, “sinalizando um processo de expansão física contínua das áreas urbanas” (ibid. p.177), que é chamado por alguns autores de ‘transição rural-urbano’ (MIRANDA, 2009) .

³² Os principais instrumentos presentes no Estatuto da Cidade, além do Plano Diretor, são: (i) “Parcelamento, edificação ou utilização compulsório”; (ii) “IPTU progressivo no tempo”; (iii) “Zonas Especiais de Interesse Social” (ZEIS); (iv) “Outorga Onerosa de Alteração de Uso” (OOAU); (v) “Outorga Onerosa do Direito de Construir” (OODC) (vi) “Direito de Preempção”; (vii) “Operações Urbanas Consorciadas”; (viii) “Desapropriação com pagamento em título da dívida pública” (BRASIL, 2001).

O planejamento, regulação e gestão de áreas de transição rural-urbano (as áreas de expansão) é confuso e deficiente em decorrência de “diversas legislações e de complexos processos espaciais, resultantes de modelos que legitimaram uma urbanização espalhada, precária e incompleta do solo” (MIRANDA, 2009, p. 26). Em função disso, essas áreas periféricas, de transição, não são planejadas e geridas de maneira a buscar a integração e complementação das funções no território, sendo apenas utilizadas como “reserva da expansão urbana” (ibid., p.37), ou, nas palavras de Santoro (2014), “sob demanda”.

A partir de 2012, essa situação dá indícios de estar mudando com a promulgação da Lei Federal 12.608/12 que estabelece, entre outras medidas, que os municípios, ao ampliarem seus perímetros urbanos, devem realizar um projeto específico instituído por lei municipal. Esse projeto precisaria contemplar uma série de definições referentes aos aspectos socioambientais, tais como áreas de risco, de preservação, de patrimônio histórico, de habitação de interesse social, etc., e aos aspectos urbanísticos do município tais como infraestrutura, sistema viário e equipamentos públicos urbanos (BRASIL, 2012).

A nova lei em vigor, ao exigir que o poder público municipal realize projetos e estudos, dificulta o processo de ampliação do perímetro urbano (em função de interesses políticos ou do mercado imobiliário) portanto, controla o próprio processo de expansão urbana dispersa. Por ser muito recente, essa lei “de cunho revolucionário e positivo” (SANTORO, 2014, p.178) ainda não possui efeitos e/ou eficácia documentada.

É assim que o conjunto de leis aqui apresentado tem grande relevância sobre as políticas urbanas e o planejamento urbano, e as observações aqui realizadas tem o objetivo de demonstrar, segundo a perspectiva normativa-legal, a origem da demarcação de ‘zonas urbanas e zonas rurais’ e do instrumento de planejamento denominado ‘perímetro urbano’.

2.3.1. Instrumentos Urbanísticos I

Os instrumentos urbanísticos são os meios legais através do qual é possível efetivar o planejamento, a regulação e o ordenamento do território. Instrumentos como o ‘Perímetro Urbano’, o ‘Macrozoneamento’ e o ‘Plano Diretor’, são utilizados desde a década de 30 no Brasil e sua implementação é de responsabilidade do poder público municipal. Atualmente estes instrumentos são normatizados pelo Estatuto da Cidade, pois esta lei federal depende principalmente do Plano Diretor para sua aplicação nos municípios.

O ‘perímetro urbano’ é considerado um instrumento de políticas públicas voltadas para a regulamentação da expansão urbana e este termo e a figura deste instrumento, com funções similares, existe em vários outros países (TAYYEBI, PERRY e TAYYEBI, 2014, p. 2). Na legislação americana existe a figura legal do “perímetro de crescimento urbano³³” (‘urban growth boundary’, UGB) que, “não é um espaço físico, mas a linha divisória traçada em torno de uma área urbana para separar das áreas rurais no entorno” (BENGSTON e YOUN, 2006, p. 2). É um dos instrumentos das políticas de gerenciamento da expansão urbana mais difundido e utilizado, com o objetivo potencial de “preservar terras agrícolas e espaços abertos” (STRAUSS e NEAMTU, 2006, p. 143).

As interpretações desta lei, no que diz respeito às suas condições de aplicação e ao entendimento do que define o ‘urbano’ e o ‘rural’ ficam a cargo de cada Estado ou localidade e, segundo Strauss e Neamtu (2006, p. 144) variam significativamente. Segundo Staley et al., (1999), para que o perímetro de crescimento urbano seja capaz de restringir a expansão urbana a uma área admissível, e para garantir a transição ordenada do uso do solo rural para urbano, é preciso utilizá-lo como ferramenta de planejamento de longo prazo (períodos de 15 a 20 anos).

Em alguns países europeus (Inglaterra e Espanha) instrumentos similares são utilizados na contenção da expansão urbana sobre as áreas rurais e, a alteração dos limites da área urbana é fortemente restringida (CALTHORPE e FULTON, 2001, p. 64). Na Colômbia, a legislação “prevê que cada ampliação de perímetro

³³ Aqui o termo ‘urban growth’ é sinônimo de ‘urban expansion’.

deva ser feita com *planes parciales* com reajuste de terras que medem e repartem os custos e benefícios da urbanização” (SANTORO, COBRA e BONDUKI, 2010, p. 433).

Segundo Bengston, Fletcher e Nelson (2004), existem vários instrumentos de políticas públicas de gerenciamento da expansão urbana³⁴, que podem ser caracterizados em três categorias, resumidas na Figura 21, abaixo.

Figura 21. Instrumentos de políticas públicas de gerenciamento da expansão urbana.

Aquisição Pública	Áreas de preservação (cinturões e corredores verde) Áreas de recreação e de interesse sociocultural
Regulamentações	Perímetros de crescimento urbano Zonas de provisão de serviços urbanos Planos e diretrizes de planejamento Restrições e taxações ao crescimento excessivo Critérios de desempenho para o crescimento (sustentável)
Incentivos	Incentivo à expansão urbana em zonas e centros designados Incentivo à ocupação de áreas urbanas vazias Projetos de reestruturação de espaços urbanos Projetos de redesenvolvimento de distritos industriais Ordenamento eficaz dos serviços e equipamentos públicos

Fonte: BENGSTON, FLETCHER e NELSON, 2004; Elaboração: GABE, M. (2017).

Os instrumentos de ‘aquisição pública e gerenciamento’ visam a incorporação de espaços públicos abertos e o gerenciamento dos já existentes, sejam praças ou áreas de preservação, garantindo que essas áreas não sejam ocupadas e construídas e portanto, são considerados instrumentos para gerenciar a expansão urbana. Os instrumentos de restrições normativas, são “instrumentos compulsórios”, definidos por lei, como é o caso de planos de ordenamento territorial, leis de zoneamento, perímetros de crescimento urbano. Por fim, os instrumentos de incentivos políticos e econômicos tem o objetivo de estimular o desenvolvimento de áreas específicas (áreas de expansão, áreas abandonadas e vazios urbanos, etc.)

³⁴ Os instrumentos de políticas públicas podem ser definidos como o “conjunto de técnicas pela qual autoridades governamentais exercem seu poder com o objetivo de apoiar ou evitar mudanças sociais” (BENGSTON, FLETCHER e NELSON, 2004)

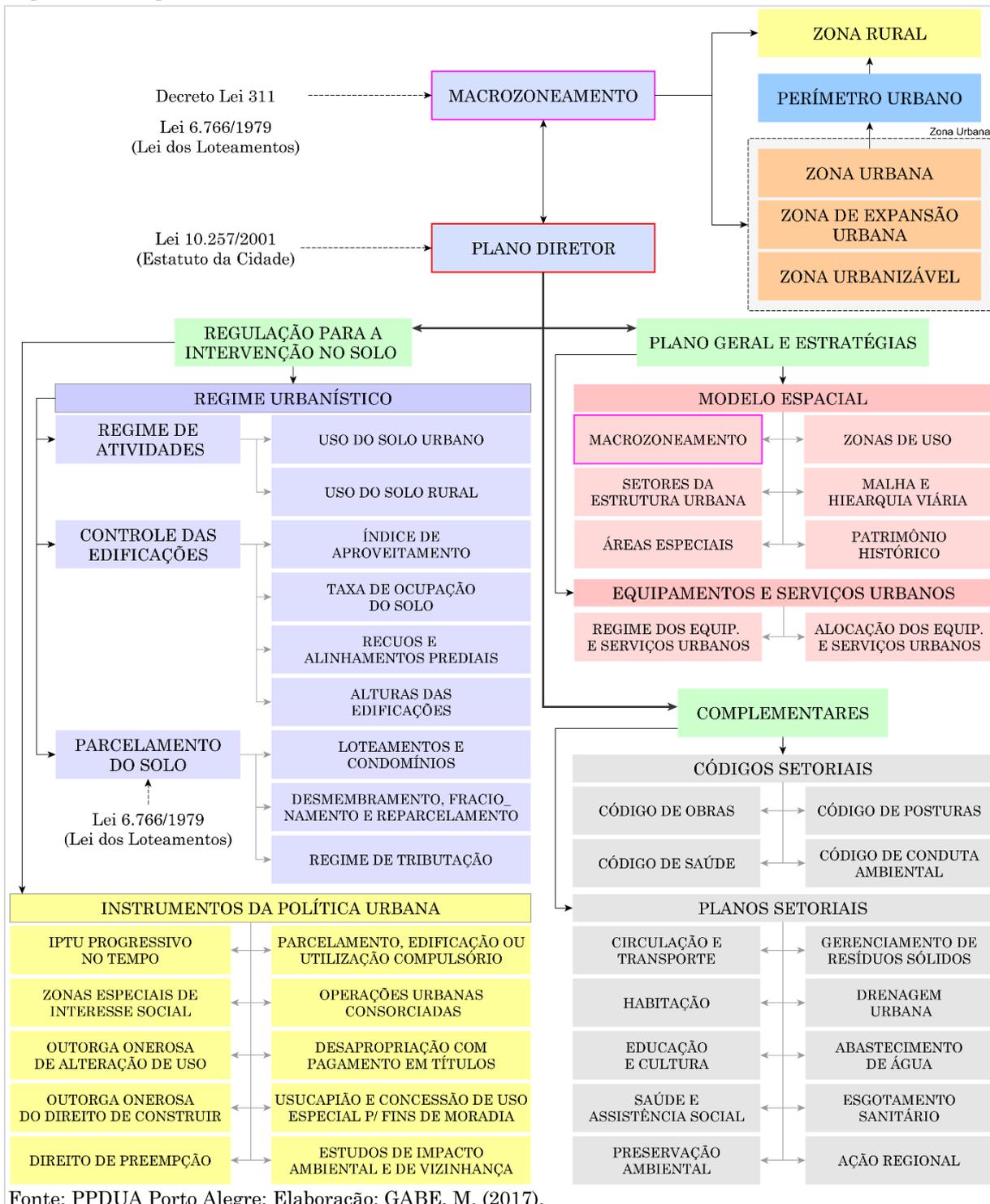
buscando o melhor aproveitamento das infraestruturas existentes, evitando a expansão desnecessária.

O Plano Diretor será aqui abordado rapidamente, com o objetivo de relacioná-lo com a flexibilização do perímetro urbano. Segundo Villaça (2012), o Plano Diretor apresenta um conjunto de propostas para o desenvolvimento futuro do município, definidas para longo, médio e curto prazo, e que se referem ao “desenvolvimento socioeconômico e a futura organização espacial dos usos do solo urbano e das redes de infraestrutura urbana” (VILLAÇA, 2012, p.186). O Plano Diretor e suas propostas, seriam fundamentados em um “diagnóstico científico das realidades física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região” (ibid.).

O conteúdo dos Planos Diretores varia para cada município e, atualmente, o Estatuto da Cidade é a lei que estabelece seus conteúdos mínimos. Os Planos Diretores mais completos, como aqueles elaborados e implementados em municípios de grande porte (normalmente, as capitais), apresentam conteúdo e estruturas similares. O diagrama da Figura 22 é uma síntese dos principais instrumentos e conteúdos envolvidos em um Plano Diretor, tendo por referência os Planos Diretores atuais dos municípios de Porto Alegre e São Paulo.

No diagrama, o Plano Diretor aparece estruturado em três partes; (i) Plano geral e estratégias, que abrange o “modelo espacial” (diretrizes para o macrozoneamento, zonas de uso, setores da estrutura urbana, malha e hierarquia viária, etc.) e prevê o regime e alocação dos equipamentos e serviços públicos urbanos; (ii) Plano para regulação para a intervenção no solo, que abrange o ‘regime urbanístico’ (regime de atividades, instrumentos de controle das edificações e de parcelamento do solo) e os instrumentos da política urbana, que são todos os instrumentos de planejamento previstos no Estatuto da Cidade; (iii) Planos complementares, que abrangem o conjunto de código setoriais (código de obras, código de posturas, etc.) e o conjunto de planos setoriais (circulação e transporte, habitação, gerenciamento de resíduos sólidos, etc.).

Figura 22. Diagrama síntese dos instrumentos e conteúdos associados ao Plano Diretor.



Fonte: PPDUA Porto Alegre; Elaboração: GABE, M. (2017).

Como é possível notar, o Plano Diretor é um instrumento de planejamento que quando corretamente elaborado e implementado, assume grande complexidade ao integrar diversos instrumentos de regulamentação, códigos e planos

complementares. O perímetro urbano é apenas um instrumento de ordenamento territorial, com funções e capacidades limitadas, cuja implementação não vem sendo feita, normalmente, com base em estudos, diagnósticos ou sequer, critérios claros que definam as áreas ‘urbanas’ e ‘rurais’. Alterações no perímetro urbano, sem associação com a revisão e adequação ao Plano Diretor, pode vir a ser incompatível com os demais planos e diretrizes previstas originalmente pelo Plano, com repercussões que tenderão a ser negativas para o município, no futuro.

3. METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA

O objetivo deste capítulo é descrever os procedimentos práticos que integram a metodologia desenvolvida para analisar a expansão urbana de Lajeado. Na primeira parte deste capítulo serão explicados os procedimentos de **classificação de imagens de sensoriamento remoto**, utilizados na obtenção de mapas temáticos de cobertura do solo e de ‘áreas construídas’ para o município, em diversos períodos. Na segunda parte, serão descritas as **análises pós-classificação**, que são conjuntos de procedimentos técnicos utilizados para examinar as mudanças ocorridas na cobertura do solo do município e caracterizar a evolução da expansão urbana, segundo critérios específicos.

No contexto desta pesquisa, o conceito de ‘área construída’ descreve o ‘substrato material espacial’ construído dos assentamentos humanos que, conforme vimos, é constituído por ‘abrigos’ (ex.: edificações e demais construções que suportam atividades humanas) e por ‘redes’ (ex.: o sistema viário, os espaços públicos e as redes de infraestrutura em geral). As ‘áreas construídas’ são parcialmente visíveis e, em função disso, podem ser detectadas em imagens obtidas por meio de sensores, localizados em satélites ou aviões e, que permitem a elaboração de mapas temáticos de cobertura do solo, incluindo mapas da ‘mancha urbana’.

A ‘área construída total’ calculada para um determinado recorte espacial (região, município, bairro, etc.), e suas variações ao longo de intervalos de tempo,

é tida como indicador prático e eficiente para avaliar o crescimento físico das cidades (ANGEL, PARENT e CIVCO, 2007; NETZBAND, STEFANOV e REDMAN, 2007). Em função da disponibilidade de imagens de satélites em bancos de dados é possível examinar a extensão das áreas construídas, em diversas datas e, com isso, registrar a evolução do processo de expansão urbana no recorte considerado. Além disso, é possível caracterizar a expansão, investigando as propriedades formais/geométricas da ‘mancha urbana’ e sua evolução espacial e temporal, através de medidas de área, perímetro, configuração e distribuição espacial destas áreas. Assim, o mapeamento e a análise multi-temporal das ‘áreas construídas’ são aspectos centrais no desenvolvimento da metodologia para a presente pesquisa.

A metodologia estruturada para a pesquisa procura integrar métodos de análise da expansão urbana, comuns aos estudos da área de planejamento urbano, com técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG), procedimentos que são muito utilizados pelas geociências (geografia, geologia, etc.) e também ecologia e planejamento urbano. A integração entre os métodos de análise é de interesse do planejamento urbano pois, através do sensoriamento remoto é possível obter dados geoespaciais multi-temporais que auxiliam na avaliação e na tomada de decisões em processos de planejamento (NETZBAND, STEFANOV e REDMAN, 2007, p. 9).

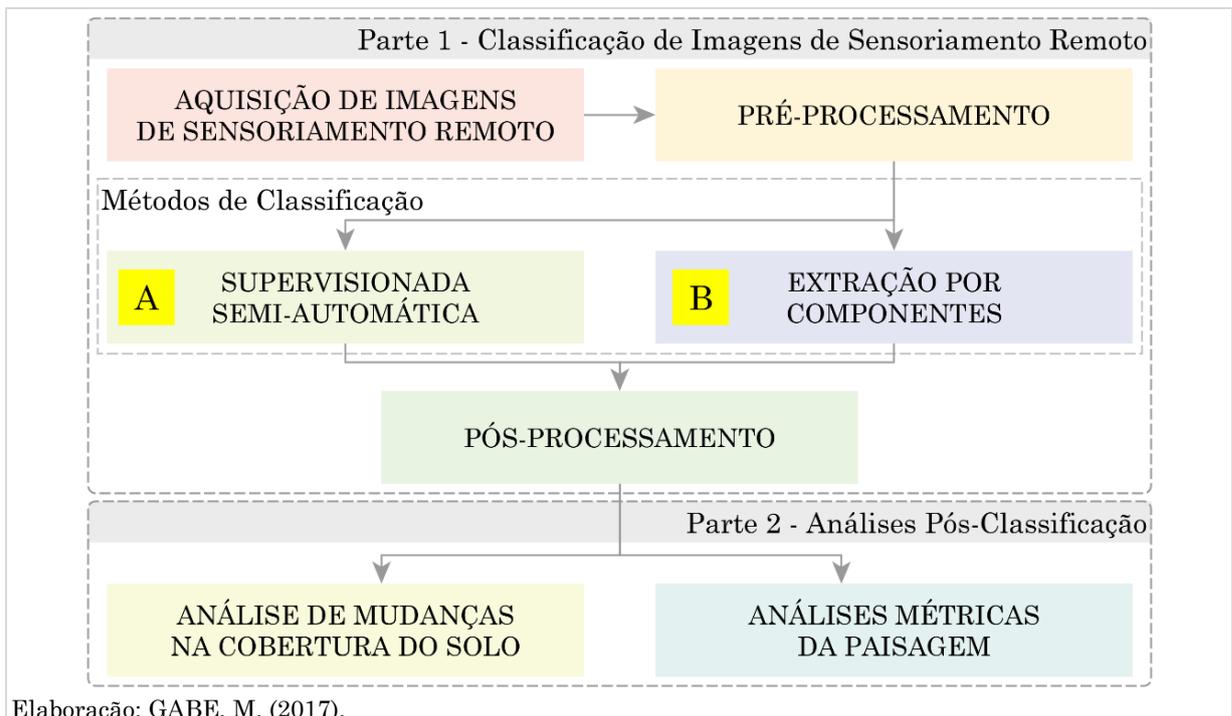
Isto é evidenciado no presente trabalho onde todos os procedimentos desenvolvidos pela metodologia são executados com auxílio de programas computacionais baseados nos SIG. Estudos que partem de abordagens e métodos similares demonstraram que é possível avaliar de forma objetiva e quantitativa o processo de expansão urbana, assim como, examinar suas características e padrões de comportamento espaço temporal (BHATTA, 2010; DIETZEL, et al., 2005).

Na primeira parte serão descritos os procedimentos de ‘aquisição de imagens de sensoriamento remoto’, ‘pré-processamento’ e ‘classificação de imagens de sensoriamento remoto’ (ver diagrama da Figura 23), que são utilizados na

obtenção de mapas de cobertura do solo, a partir dos quais é possível extrair o registro das ‘áreas construídas’ em datas específicas.

Nesta pesquisa foram utilizados dois métodos: (A) Classificação ‘supervisionada pixel-a-pixel’; (B) Classificação por ‘extração de características espectrais’ (ou ‘extração por componentes’). Ambos os métodos são eficientes e rápidos para a obtenção de informações sobre a cobertura do solo de uma determinada região, embora o primeiro método permita uma classificação mais detalhada das classes de cobertura que constituem a paisagem analisada, enquanto o segundo método, uma detecção mais rápida e precisa das áreas construídas isoladamente. O produto desta etapa, descrita na metodologia, são diversos conjuntos multi-temporais de mapas de cobertura do solo, classificados segundo os diversos sistemas de classes estabelecidos.

Figura 23. Diagrama síntese das principais etapas da metodologia para análise da expansão urbana.



Na segunda parte são descritos os procedimentos utilizados na etapa de pós-classificação. Nessa etapa, os conjuntos de mapas são analisados com o objetivo de examinar as mudanças na cobertura do solo através de análises estatísticas

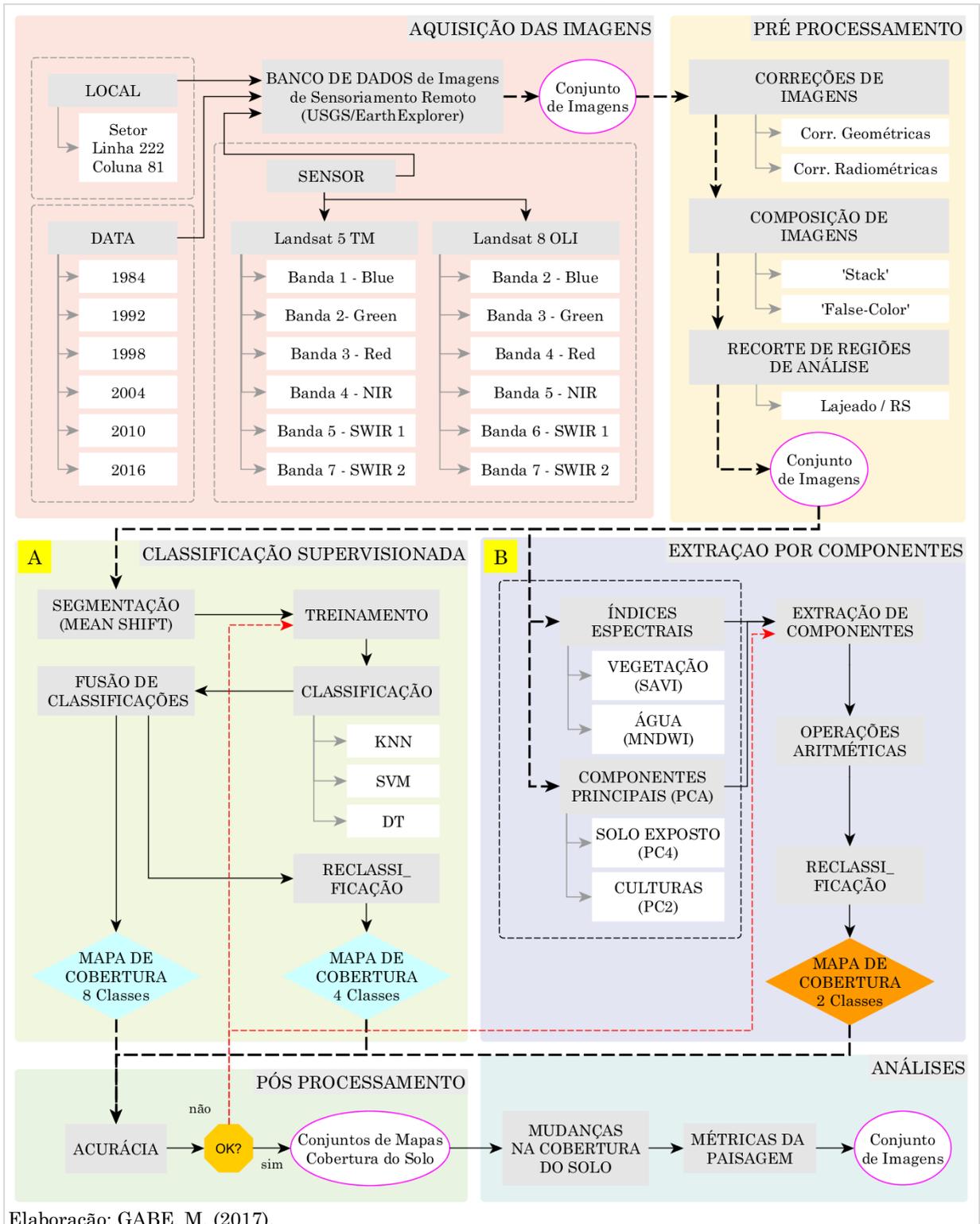
descritivas ('estatísticas de classes' e 'matrizes de transição') e caracterizar a expansão urbana do município através de análises métricas da paisagem.

3.1| Classificação de imagens de sensoriamento remoto |

As imagens de sensoriamento remoto são conjuntos de dados, armazenados sob a forma de uma imagem matricial (*raster*), capazes de fornecer informações sobre a cobertura do solo de uma determinada área geográfica, em um determinado momento. A classificação dessas imagens é feita associando cada pixel da imagem à um valor que corresponde a uma categoria ou classe individual (ex.: tipos de cobertura do solo, que apresentam características homogêneas) tendo por base, seus dados numéricos associados. Esses dados numéricos, ou 'números digitais' (DN), representam a informação espectral contida nas diversas bandas espectrais e, a partir dos quais, é possível reconhecer o "padrão espectral" para cada classe de cobertura do solo, permitindo sua classificação (BHATTA, 2010, p.79). A classificação pode ser feita através de métodos automatizados (não supervisionados) ou de métodos que combinam processos manuais, que requerem resposta do usuário, e processos automáticos, através de algoritmos de métodos de classificação supervisionada por 'pixel' ou 'orientado por objeto'.

As análises da expansão desenvolvidas nesta pesquisa demandaram primeiramente, obter a classificação da cobertura do solo do município de Lajeado/RS nas diferentes datas selecionadas para esse estudo. Dois métodos de classificação supervisionada de sensoriamento remoto foram empregados na obtenção destes dados: (A) classificação supervisionada semiautomática; (B) classificação por extração de características espectrais. Ambos os métodos são eficientes e rápidos para se obter informações sobre a cobertura do solo de uma determinada região.

Figura 24. Diagrama da metodologia de classificação de imagens de sensoriamento remoto.



A Figura 24, demonstra através de diagrama, a ordem das etapas às quais o conjunto multi-temporal de imagens é submetido: (1) aquisição das imagens, (2)

pré-processamento das imagens, (3) classificação das imagens; (4) teste de acurácia das classificações e (5) análises pós-classificação. Estas etapas foram adequadas ao objetivo da pesquisa através das periodizações e dos componentes analisados.

3.1.1. Aquisição e Pré-processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto

Na presente sessão veremos os procedimentos metodológicos que correspondem às etapas iniciais do processo de classificação de imagens de sensoriamento remoto para a produção de mapas temáticos de cobertura do solo para esta pesquisa: (i) aquisição das imagens através de banco de dados de SR; (ii) pré-processamento de imagens para posterior classificação.

As imagens de sensoriamento remoto utilizadas para este trabalho são provenientes do banco de dados on line do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey), disponíveis através do site EarthExplorer³⁵. A obtenção do conjunto multiespectral de imagens foi feita através do serviço de busca do banco de dados, onde são necessárias três entradas de informações: (i) setor de aquisição da imagem; (ii) período de aquisição da imagem; (iii) nome do satélite e sensor.

A definição dos satélites/sensores do qual foram obtidas as imagens, se deu em função de três aspectos: (i) custo financeiro para adquirir as imagens; (ii) disponibilidade de imagens nos períodos de análise da pesquisa; (iii) resolução das imagens. Com base nestes parâmetros, optou-se pelos satélites Landsat 5, sensor TM (operou entre 1984 e 2013) e Landsat 8, sensor OLI (em operação desde 2013). As imagens destes sensores são de média resolução espacial (30m) e estão disponíveis em bancos de dados *online* e de forma gratuita. As coordenadas do

³⁵ Ferramenta que permite buscar e adquirir imagens de sensoriamento remoto, provenientes de diversos banco de dados de imagens. O endereço da página é <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

município de Lajeado é linha 222 e coluna 81 ou '(222,81)' na representação do SGR³⁶.

O período temporal utilizado para a busca das imagens foi definido com base nas seis datas selecionadas para a realização deste estudo, que possuem intervalos de 6 anos entre si (exceto para o intervalo entre as duas primeiras datas que é de 8 anos). Foi importante obter conjuntos de imagens que tenham sido tomadas na mesma época do ano (mês ou estação) para evitar variações nas condições de iluminação e aparência de elementos naturais, que podem interferir na acurácia da classificação. Todas as imagens selecionadas foram obtidas no verão (com exceção do primeiro período) pois, nesta época as imagens apresentaram menor cobertura por nuvens e melhores condições de visibilidade da superfície. A Tabela 11 contém a síntese das informações utilizadas na busca e o código de referência do conjunto multiespectral de imagens, para cada data examinada.

Tabela 11. Relação dos períodos, locais e instrumentos utilizados na busca e o conjunto de imagens escolhido.

PERÍODO			LOCAL	INSTRUMENTO	CONJ. IMAGENS
Ano	Dia e Mês	Estação	Setor	Satélite/Sensor	Código Referência
1984	11 de dezembro	PRIMAVERA	L-222 / C-81	Landsat 5 TM	LT52220801984346CUB00
1992	20 de março	VERÃO	L-222 / C-81	Landsat 5 TM	LT52220801992080CUB00
1998	17 de fevereiro	VERÃO	L-222 / C-81	Landsat 5 TM	LT52220801998048COA00
2004	18 de fevereiro	VERÃO	L-222 / C-81	Landsat 5 TM	LT52220802004049COA00
2010	18 de fevereiro	VERÃO	L-222 / C-81	Landsat 5 TM	LT52220802010049CUB00
2016	18 de janeiro	VERÃO	L-222 / C-81	Landsat 8 OLI	LC82220802016018LGN00

Entre as diversas imagens que compõem cada conjunto, as imagens úteis para a classificação da cobertura do solo são aquelas que correspondem às faixas espectrais visíveis azul, verde, vermelho e infravermelho (de ondas médias e curtas). O resultado desta etapa é o conjunto multiespectral e multi-temporal de imagens matriciais de média resolução (36 imagens no total) e que precisam ser pré-processadas antes de serem classificadas.

³⁶ Sistema Global de Referência (WRS) para imagens Landsat: cada conjunto de imagens é identificado por coordenadas que correspondem ao centro nominal do quadrante, onde o valor latitudinal é referido como 'linha' e valor longitudinal como 'coluna'.

A etapa seguinte, de pré-processamento, envolveu o procedimento de correção radiométrica e o recorte das imagens originais adquiridas, com o objetivo de facilitar o processo de classificação e de garantir a qualidade dos produtos resultantes. As correções radiométricas³⁷ foram realizados com auxílio do plug-in *Semi-Automatic Classification* (SCP), disponível através da interface do *software* QGIS. Através de funções desta ferramenta, foram aplicadas as transformações de dados numéricos (DN) para os valores de refletância de superfície e de topo de atmosfera (TOA) e de correção atmosférica DOS (Dark Object Subtraction). As informações de entrada necessárias para estas correções (valores de refletância, radiância e outras constantes) foram obtidas através de um arquivo de metadados (MTL) disponibilizado junto com as imagens pelo site da USGS.

Após a correção das imagens foi realizada a operação de recorte, que envolve a definição e extração da área de interesse, com o objetivo de reduzir o tamanho da imagem e facilitar o processo de classificação, assim como, obter informações específicas da área de interesse deste estudo. Trata-se de uma operação de geoprocessamento simples, realizada através de ferramentas de recortes de imagens matriciais, que utilizam como referência para a extração os limites de um polígono definido pelo usuário. Este procedimento foi realizado através do QGIS com auxílio da extensão GRASS e utilizando os limites do território político administrativo do município como referência para o recorte. Os limites do município foram obtidos através do banco de dados do IBGE (CENSO 2010).

O último procedimento da etapa de pós-processamento foi a combinação de imagens de diferentes bandas para uma só imagem (procedimento denominado de “empilhamento de bandas espectrais”). Foi necessário, nesse momento, a criação de imagens compostas por diferentes combinações de bandas espectrais, que ressaltam diferentes aspectos ou classes de cobertura do solo e são úteis nas etapas de segmentação e treinamento das imagens. O processo foi realizado através do

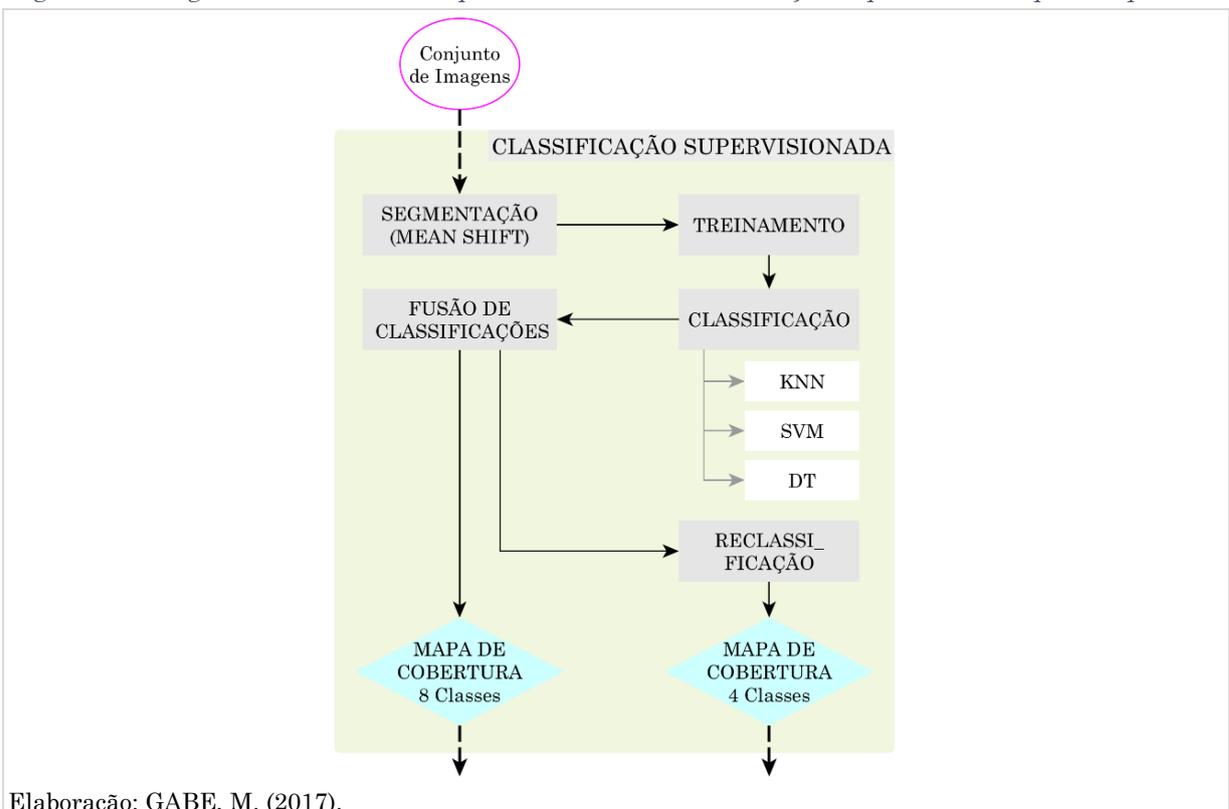
³⁷ São procedimentos de correção atmosférica e transformações de dados que ajustam as imagens com base em informações sobre a elevação do sol e na distância entre a terra e o sol no momento de captura das imagens pelos sensores.

plug-in SCP na interface do QGIS. O produto dessa etapa é uma imagem matricial contendo o conjunto de 6 bandas empilhadas, além das imagens de referência.

3.1.2. Classificação ‘Supervisionada Pixel-a-pixel’

O primeiro método de classificação de imagens descrito é chamado de “classificação supervisionada pixel-a-pixel” (*pixel-based*). Trata-se de um método amplamente utilizado e reconhecido, normalmente constituído por três etapas básicas: (i) etapa de treinamento, (ii) etapa de classificação (iii) etapa de exportação de resultados (“outputs”) (LILLESAND, KIEFER e CHIPMAN, 2005, p.554). Este método tem como dados de entrada o conjunto multi-temporal de imagens multiespectrais, corrigidas e ajustadas na etapa anterior.

Figura 25. Diagrama síntese das etapas do método de classificação supervisionada pixel-a-pixel.



A etapa de treinamento tem o objetivo de “identificar áreas de treinamento representativas e desenvolver a descrição numérica dos atributos espectrais de cada tipo de cobertura do solo” (ibid., p.552). Esta etapa corresponde ao processo ‘supervisionado’ deste método de classificação, pois requer do usuário (pesquisador, supervisor) algum conhecimento prévio sobre a área a ser classificada.

O ponto de partida é definir o sistema de classes de cobertura do solo, isto é, quais os tipos de cobertura do solo que serão considerados no processo de treinamento e classificação. Existem diversos sistemas de classes de cobertura do solo que podem ser utilizados como referência, porém é preciso sempre levar em conta as particularidades de cada região analisada e a finalidade da classificação em si. Para Lajeado foi estabelecido um sistema de oito classes de cobertura, que podem ser simplificadas (reclassificadas) em até duas categorias básicas: áreas construídas e não construídas (Tabela 12). Esta tabela contém todos os modelos de treinamento utilizados neste trabalho e, inclusive, para o método de classificação que será descrito em seguida.

Tabela 12. Sistema de classes de cobertura associados aos métodos de classificação em que foram utilizados.

Método	Classificação A		Classificação B	
Modelo	8 CLASSES	4 CLASSES	2 CLASSES	
Classes	1 Construído (A)	1 Construído		1 Construído
	2 Construído (B)			
	3 Cultivado (A)			3 Vegetação
	4 Cultivado (B)			
	5 Solo Exposto	2 Outros		
	6 Veg. Rasteira			3 Vegetação
	7 Veg. Arbórea	4 Água		
	8 Água			2 Outros

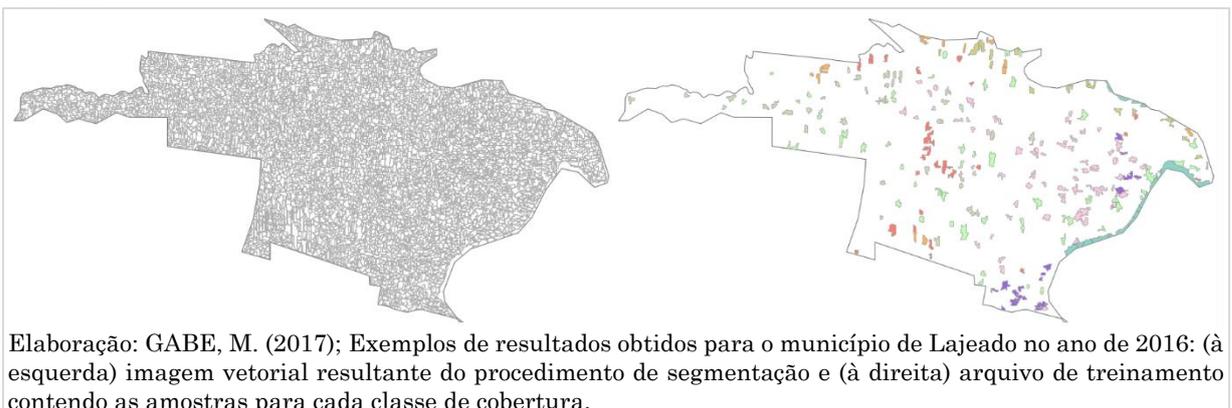
Classificação A corresponde ao método de ‘classificação supervisionada pixel-a-pixel’; Reclassificação A é o procedimento que reduz o número de classes da Classificação A (por união de classes); Classificação B refere-se ao método de ‘classificação por extração de componentes’.

O passo seguinte foi a elaboração do ‘conjunto de treinamento’, que requer a seleção manual de ‘regiões de interesse’ (Regions of Interest, ou ROI) na imagem utilizada de referência, e a classificação desta amostra em uma das classes de

cobertura do solo, previamente estabelecidas no sistema de classes (LILLESAND, KIEFER e CHIPMAN, 2005, p.554). A estruturação do conjunto de treinamento é um processo supervisionado que deve ser repetido até que todas as classes contenham um número significativo de amostras (ver exemplo da Figura 26). O conjunto de amostras permite o cálculo estatístico do padrão de resposta espectral (assinatura) para cada classe de cobertura do solo. A ferramenta computacional utilizada para o procedimento de treinamento foi o plug-in SCP.

Para auxiliar o procedimento de seleção e identificação descrito acima, foi preciso, primeiramente, identificar e extrair as regiões de interesse. Isto foi feito através de uma técnica de processamento de imagens, chamada de ‘segmentação’, que identifica conjuntos de pixels que possuem características homogêneas segundo critérios específicos (normalmente relacionados à média e variância de aspectos referentes a cor ou textura) e agrupa-os em ‘manchas’. A pesquisa utilizou a técnica denominada de ‘deslocamento pela média’ (‘mean shift’) que é executada com auxílio da ferramenta ‘raster mean-shift segmentation’ disponível pelo plug-in ‘*Orfeu Toolbox*’ (OTB). O resultado é uma imagem vetorial contendo as manchas (segmentos) identificáveis, representados por polígonos (ver exemplo na Figura 26, abaixo).

Figura 26. Exemplos do procedimento de segmentação e treinamento de imagens de sensoriamento remoto.

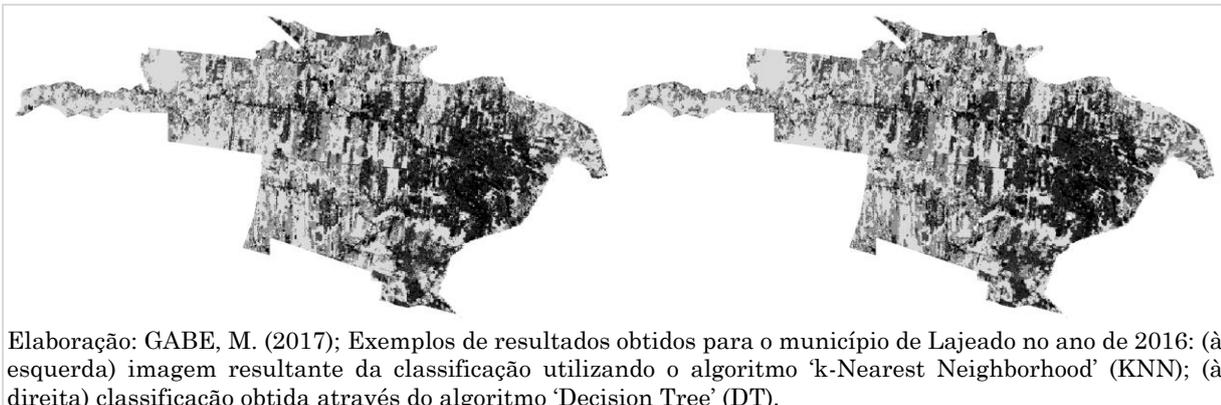


A etapa de classificação envolveu procedimentos automatizados, conhecidos como ‘classificadores’, que são implementados através de algoritmos

computacionais. Os classificadores têm a função de atribuir cada pixel da imagem à uma das classes de cobertura do modelo a partir do padrão de assinatura espectral de cada pixel. Antes de serem executados, os classificadores são primeiramente “treinados” utilizando o conjunto de treinamento produzido na etapa anterior.

O critério para a escolha do algoritmo de classificação³⁸ que foi utilizado neste trabalho, se deu através de recomendações de estudos que avaliaram o grau de acurácia de diferentes algoritmos na classificação de imagens Landsat (POURSANIDIS et al., 2014; ENTEZARI-MALEKI et al., 2014). Segundo esses estudos os métodos que possuem alta acurácia para classificação imagens de média resolução de áreas urbanas e periurbanas seriam o SVM, DT e KNN. O método SVM, por exemplo, “mantem os elementos fragmentados da paisagem e proporciona um resultado de classificação mais acurado” (POURSANIDIS et al., 2014, p.11). A execução e aplicação desses diferentes algoritmos é possível através do plug-in OTB. O resultado desta etapa são as imagens classificadas de Lajeado, conforme a Figura 27, abaixo.

Figura 27. Exemplo de imagens multiespectrais classificadas pelos algoritmos KNN e DT.



A etapa de exportação dos resultados envolve os procedimentos de ‘fusão de classificações’, reclassificação de imagens e elaboração dos mapas temáticos de

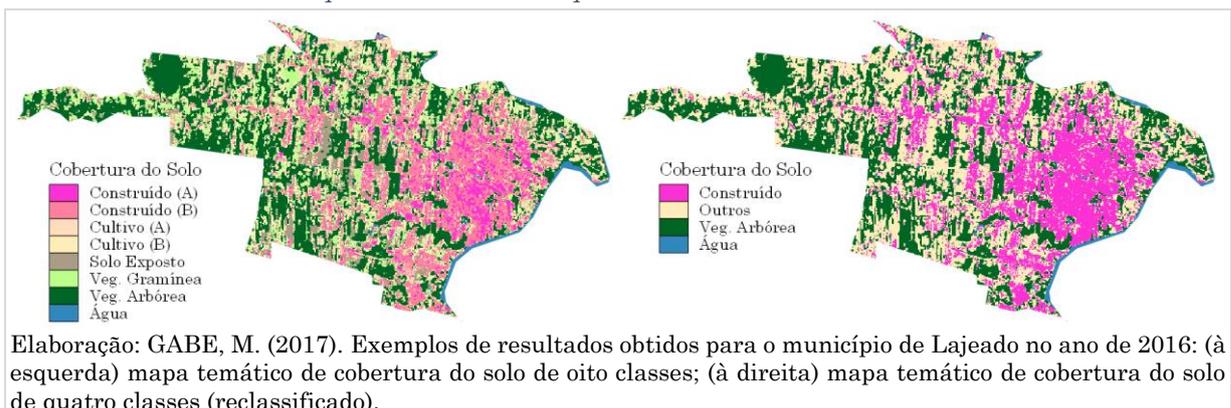
³⁸ Entre os algoritmos classificadores comumente utilizados em métodos supervisionado, podemos destacar: Maximum Likelihood (Maxver), Suport Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT), k-Nearest Neighborhood (KNN), Artificial Neural Network (ANN) e Naive Baynes (BAYNES).

cobertura do solo. A fusão de classificação tem o objetivo de melhorar a qualidade final da classificação de uma imagem, unindo os resultados obtidos através de vários classificadores em uma única imagem final. Este procedimento foi executado através da ferramenta ‘fusion of classifications’ do plug-in OTB, utilizando o método estatístico ‘dempster-shafter’ como referência na fusão.

A reclassificação é um procedimento simples que permite simplificar o número de classes de cobertura da imagem classificada através de regras de transformação. As classificações obtidas para o município de Lajeado foram reclassificadas para o modelo de quatro classes para facilitar análise dos resultados. As regras de transformação foram definidas com base no sistema de classes definido anteriormente e a diminuição de classes, por reduzir o número de classes diferentes, permite a leitura mais clara, oferecendo uma compreensão mais abrangente do todo.

A Figura 28, apresenta o exemplo dos mapas temáticos de cobertura do solo produzidos nessa etapa, representando os materiais que cobrem a superfície terrestre, onde cada uma das cores identifica uma classe de cobertura. As legendas seguem o padrão definido no ‘sistema de classes’.

Figura 28. Exemplo de mapas temáticos de cobertura do solo produzidos segundo o modelo de 8 classes de cobertura e mapa de reclassificado para o modelo de 4 classes.



Este método de classificação supervisionada pixel-a-pixel descrito possui algumas desvantagens. Além de requerer tempo considerável e conhecimento prévio sobre a área de estudo, as classificações obtidas através desta técnica

tendem a apresentar um tipo de ruído conhecido como “ruído de sal e pimenta” (*salt and pepper noise*) que é causado por falsos resultados (confusões entre classes), especialmente em paisagens que possuam muitas manchas isoladas e dispersas, “devido à variabilidade espectral inerente encontrada por um classificador quando aplicado pixel-a-pixel” (BLASCHKE, et al., 2000, p. 562; LILLESAND, KIEFER e CHIPMAN, 2014, p. 584). Este tipo de ruído pode alterar significativamente os resultados de análises pós-classificação, como é o caso de análise da expansão urbana. Por este motivo foi utilizado um método de classificação com mais precisão na extração específica de áreas construídas e que será descrito na próxima sessão.

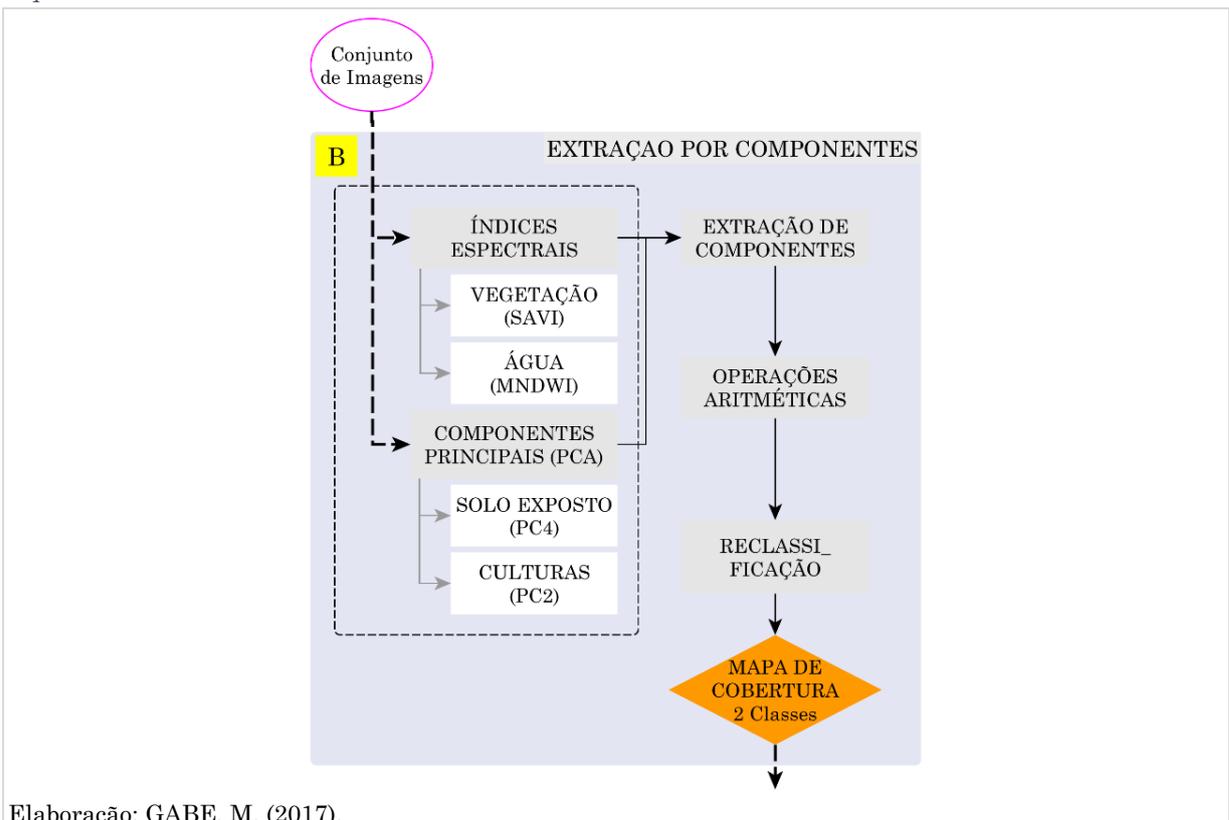
3.1.3. Classificação por Extração de Características Espectrais

Para estudos focados na expansão urbana é possível utilizar apenas a classe ‘área construída’ como variável de estudo, portanto, a utilização de um método que permite a extração apenas das áreas construídas, de maneira mais rápida que os métodos tradicionais de classificação supervisionada, é um aspecto vantajoso. Para esta pesquisa foi desenvolvido um método que é parcialmente baseado nos procedimentos propostos por Sun et al. (2005) e que permite a detecção de áreas construídas através de classificação por ‘extração de características espectrais’ (*spectral feature extraction*). Este método é baseado em diferentes índices espectrais, que são técnicas que permitem realçar e identificar uma classe ou elemento da paisagem, e envolvem operações matemáticas de valores numéricos de bandas de imagens de sensoriamento remoto.

Índices de ‘vegetação’ e ‘água’ são amplamente utilizados, e são bastante eficientes na detecção destes elementos, enquanto índices de ‘área construída’, ‘solo exposto’ e ‘cultivos’ se encontram em desenvolvimento e são poucos eficientes. A fusão de diferentes índices permite a elaboração de um mosaico com os principais elementos da paisagem, onde, por operações lógicas e aritméticas é possível inferir

as áreas construídas. Neste método toma-se a paisagem de referência e elimina-se as áreas cobertas por corpos d' água, vegetação, solo exposto e cultura. As áreas restantes provavelmente serão áreas construídas, às vezes referidas como as 'áreas impermeáveis' (telhados, coberturas, calçadas, pavimentações, etc.). A Figura 29, abaixo, apresenta a síntese das etapas envolvidas neste método de classificação.

Figura 29. Diagrama síntese das etapas do método de classificação por extração de componentes espectrais.



As técnicas de transformação de imagens multiespectrais através de índices espectrais permitem a detecção e extração dos componentes naturais que compõem a cobertura do solo (vegetação e corpos d' água) de maneira relativamente simples. Os índices de vegetação utilizados para a caracterização do dossel vegetal (extrato superior da vegetação, visível através de imagens de SR) utilizam os valores de refletância ou radiância referentes aos comprimentos de onda vermelho (RED) e vermelho-próximo (NIR) na forma de taxas (normalmente, índices de diferença normalizada e de taxa de vegetação) (HUETTE, 1988, p.295). Neste

trabalho foi utilizado o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (“Soil Adjusted Vegetation Index, ou SAVI), desenvolvido por Huette (ibid.) que é um índice ajustado aos efeitos causados na resposta espectral das imagens, em função da intensidade do brilho emitido por diferentes tipos de solo exposto em situações em que a paisagem não é totalmente coberta por vegetação. A equação descrita abaixo foi utilizada para o cálculo dos índices utilizando bandas de imagens Landsat 5 e 8, conforme foi definida por Huette (ibid., p.299):

$$SAVI_{Land5} = \frac{(p5-p4)(1+L)}{(p5+p4+L)} \quad SAVI_{Land8} = \frac{(p4-p3)(1+L)}{(p4+p3+L)},$$

onde, ‘ p_n ’ é o valor de refletância na banda ‘ n ’ e ‘ L ’ é uma constante denominada de ‘fator de ajuste do solo’, que neste caso será utilizado o valor ‘0,5’, que é recomendado por Huette (ibid.) e Sun et al. (2005) para situações com densidade de vegetação intermediária.

Para caracterização e extração das áreas cobertas por água foi utilizado o Índice de Água por Diferença Normalizada Modificado (‘Modified Normalized Difference Water Index, ou MNDWI³⁹) desenvolvido por Xu (2006). O índice é calculado utilizando os valores de refletância para a bandas verde (GREEN) e infravermelho-médio, conforme indica a equação abaixo:

$$MNDWI_{Land5} = \frac{(p3-p6)}{(p3+p6)} \quad MNDWI_{Land8} = \frac{(p2-p5)}{(p2+p5)},$$

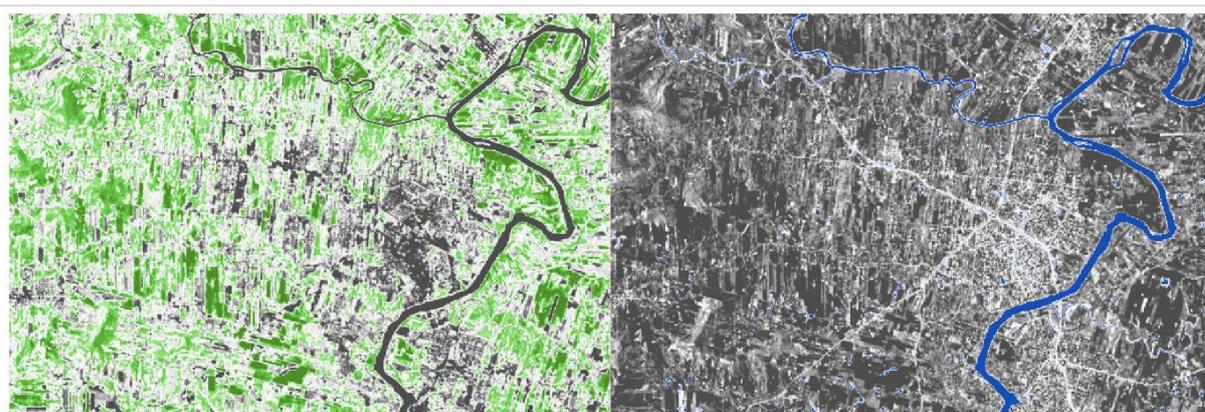
onde, ‘ p_n ’ corresponde ao valor de refletância na banda ‘ n ’. O computo dos índices se dá por operações aritméticas nas bandas de imagens multiespectrais através da ferramenta ‘calculadora *raster*’ do software QGIS.

Os índices SAVI e MNDWI calculados resultaram novas imagens, onde as classes investigadas aparecem realçadas (ver exemplo para as classes ‘vegetação’

³⁹ O índice MNDWI foi desenvolvido por Xu (2006), sendo considerado uma versão otimizada do índice NDWI, originalmente desenvolvido por McFeeters (1996) e que, segundo Xu (2006), cujas extrações apresentavam confusão (ruído) com as ‘áreas construídas’, de ‘solo exposto’ e alguns tipos de vegetação, especialmente em paisagens muito heterogêneas e/ou fragmentadas.

e ‘água’, na Figura 30). O procedimento de extração das áreas de interesse (realçadas) é possível, através da utilização de valores limiares de referência, que definem o intervalo de dados numéricos associados à cada classe de interesse (foram utilizados sempre os valores normalizados dos índices calculados).

Figura 30. Exemplo de aplicação dos índices espectrais SAVI e MNDWI.



Elaboração: GABE, M. (2017). Exemplos de resultados obtidos para o município de Lajeado no ano de 2016: (à esquerda) SAVI, áreas cobertas por vegetação destacadas na cor verde; (à direita) MNDWI, áreas cobertas por água.

Para extrair as áreas de interesse (os ‘componentes’) é necessário reclassificar as imagens para as quais os índices foram calculados, convertendo-as para um ‘modelo binário’: onde, o valor ‘1’ é associado aos pixel cujos valores estejam dentro do intervalo estabelecido para a classe desejada e, o valor ‘0’ é associado aos pixels que estejam fora do intervalo. Este procedimento é feito com auxílio da ferramenta ‘calculadora *raster*’ do software QGIS, utilizando uma operação condicional, exemplificada pela equação abaixo, utilizada para o cálculo do índice ‘SAVI’ com imagens Landsat 8:

$$se, \quad 0,55 < SAVI < 1 \quad \begin{cases} verdadeiro = 1, & classe 'vegetação' \\ falso = 0, & outra classe de cobertura \end{cases}$$

onde, ‘SAVI’ corresponde ao valor normalizado obtido para este índice. Para extrair as demais classes, tendo por referência seus respectivos índices, foram utilizados os valores limiares de referência que estão resumidos na Tabela 13, abaixo. Os valores limiares são apenas para referência, pois variam para cada

imagem (em função das condições de sua aquisição e das características do sensor utilizado), motivo pelo qual, apenas o valor médio é apresentado na tabela (calculado com base nos valores que foram utilizados para extrair os componentes, para cada índice e para todas as datas analisadas).

Tabela 13. Valores limiares médios utilizados para extração dos componentes.

Elemento		Intervalo	
Índice	Classe	Landsat 8	Landsat 5
SAVI	Vegetação	$0,51 < x < 1$	$0,55 < x < 1$
MNDWI	Água	$0,30 < x < 1$	$0,40 < x < 1$
PC2	Cultivos	$0,25 > x > 0$	$0,20 > x > 0$
PC4	Solo Exposto	$0,31 > x > 0$	$0,35 > x > 0$

A tabela faz referência aos valores normalizados dos índices.

A identificação das áreas de solo exposto e culturas através de um índice é um desafio⁴⁰, pois há grande confusão com as áreas construídas em função das características espectrais similares destes materiais em várias bandas de imagens multiespectrais. No presente estudo foi utilizado o método proposto por Sun et al (2005), que envolve a técnica de Análise de Componentes Principais⁴¹ ('Principal Component Analysis', PCA) para o cálculo de um índice para extração das áreas de solo exposto e cultivos.

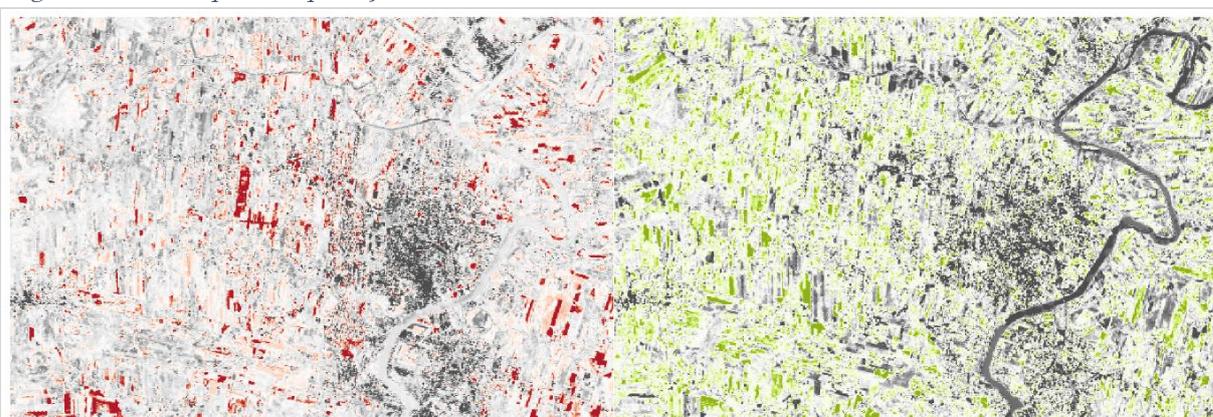
O índice foi calculado através de ferramentas computacionais, com auxílio do plugin 'PCA', disponível para o *software* QGIS, que para sua execução, requer de entrada as imagens multiespectrais (as seis bandas espectrais) combinadas em uma única imagem. O resultado para as transformações executadas com este plugin, é um conjunto de seis imagens transformadas (nomeadas PC1, PC2, ..., PC6) e, cada uma, por realçar diferentes padrões de cobertura do solo, permite a

⁴⁰ Existem diversos índices que procuram extrair ou realçar áreas de solo exposto ou áreas construídas diretamente (ex.: NDISI, EBBI e IBI) porém nenhum deles é considerado realmente eficaz (SUN et al., 2005, p2.)

⁴¹ Técnica de análise estatística e exploratória de dados, concebida por Pearson em 1901 (DUNTEMAN, 1989, p. 7), que permite reduzir um grande conjunto de variáveis correlacionadas para um conjunto menor de variáveis não correlacionadas e conservando grande parte da informação original. Através deste procedimento é possível identificar padrões significativos e realçar similaridades e diferenças em conjuntos de dados multidimensionais (SMITH, 2002, p. 13).

identificação de componentes específicos. Após várias experimentações, constatou-se que as imagens ‘PC2’ são eficientes para realçar as áreas de solo exposto, enquanto as imagens ‘PC4’, permitem identificar as áreas de cultivos. A extração das áreas realçadas pelos índices PC2 e PC4 foi realizada com o mesmo procedimento descrito para os índices MNDWI e SAVI. Na Figura 31 estão destacadas as áreas de cultivo e de solo exposto, para o município de Lajeado em 2016, obtidas através deste método.

Figura 31. Exemplo de aplicação dos índices PC2 e PC4.



Elaboração: GABE, M. (2017). Exemplos de resultados obtidos para o município de Lajeado no ano de 2016: (à esquerda) PC4, destaca as áreas de solo exposto (em vermelho); (à direita) PC2, destaca as áreas cultivadas (em verde claro).

Na etapa seguinte, é feita a sobreposição (em camadas) dos modelos binários gerados para cada classe de cobertura investigada, resultando em um mapa temático com os quatro componentes extraídos: as classes ‘água’, ‘vegetação’, ‘cultivos’ e ‘solo exposto’. Para este mapa é possível inferir (no contexto desta pesquisa) que o restante das áreas (os ‘pixels’) situadas no interior da área de recorte e que não estão associadas à nenhuma das classes consideradas, podem ser classificadas como ‘áreas construídas’. O resultado dessa composição pode ser visto na Figura 32 (mapa à esquerda).

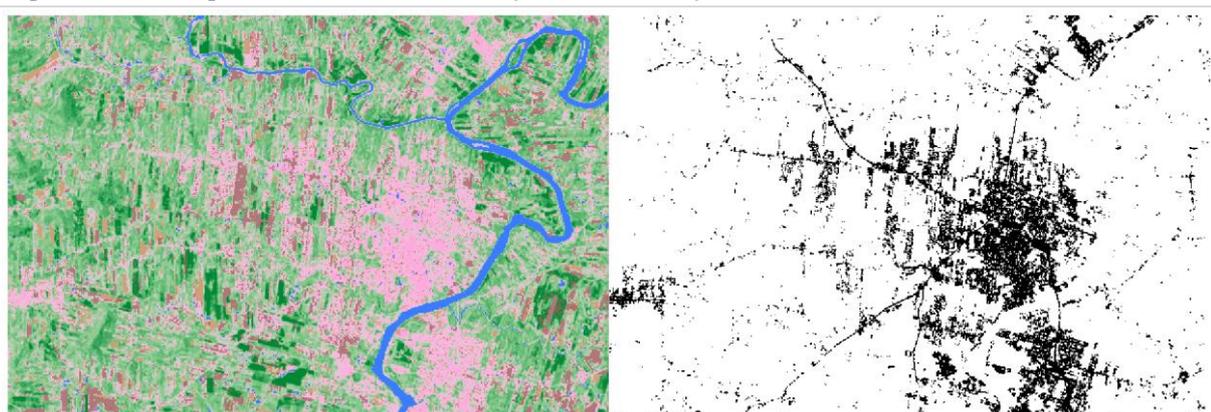
O último procedimento dessa etapa envolveu a extração de um novo modelo binário, contendo apenas as áreas construídas, calculadas através de uma operação aritmética simples, com auxílio da ‘calculadora *raster*’ para o *software* QGIS. A

expressão utilizada no procedimento de extração das ‘áreas construídas’ é definida por:

$$SAVI + MNDWI + PC2 + PC4 \begin{cases} = 0, & \text{classe 'área construída'} \\ \neq 0, & \text{outra classe de cobertura} \end{cases}$$

onde, ‘SAVI’, ‘MNDWI’, ‘PC2’ e ‘PC4’ correspondem aos valores calculados para os modelos binários, obtidos pelo processo de extração de componentes, conforme foi descrito anteriormente. O resultado dessa operação foram imagens contendo apenas as ‘áreas construídas’ (pixels de valor igual a 1) e o restante das áreas, de outros tipos de cobertura (pixels de valor igual a 0), conforme o exemplo do mapa à direita na Figura 32.

Figura 32. Exemplo de fusão de classificações e de extração das ‘áreas construídas’.



Elaboração: GABE, M. (2017). Exemplos de resultados obtidos para o município de Lajeado no ano de 2016: (à esquerda) modelo tipo ‘mosaico’ de cinco classes, com a classe ‘área construída’ representadas na cor rosa; (à direita) modelo tipo ‘binário’ (duas classes), que representa a classe ‘área construída’ na cor preta e, as áreas pertencentes à outras classes na cor branca.

Os principais dados necessários para o desenvolvimento das análises da expansão urbana de Lajeado, são provenientes do conjunto de modelos binários representando as áreas construída e não-construídas, nas diferentes datas analisadas. Os procedimentos descritos aqui e que foram desenvolvidos segundo os objetivos específicos desta pesquisa, complementam o método proposto por Sun et al. (2005) no que diz respeito à técnica de extração dos componentes ‘solo exposto’ e ‘cultivos’ (através dos índices PCA). O método descrito certamente possui margem

para erro por confusão entre classes, assim como qualquer outro método de classificação existente, em função disto, só possui condições para ser reproduzido com acurácia, em ‘paisagens’ que sejam similares em termos de tipo de cobertura do solo, possuindo as mesmas classes predominantes.

3.1.4. Avaliação da Acurácia de Classificações

Para avaliar a acurácia dos mapas temáticos de ‘áreas construídas’ classificados na etapa anterior (os modelos binários) foram utilizados métodos para obtenção dos índices de acurácia da classificação, denominados de ‘exatidão global’ e ‘coeficiente kappa’. Os índices são calculados com base na ‘matriz de confusão’ (ou matriz de erro), que é produzida pela comparação entre o mapa de cobertura classificado e um mapa de referência (‘arquivo de treinamento’) e que permitem calcular estatísticas sobre os acertos e os erros para cada classificação.

Os índices de acurácia foram calculados com auxílio do *plug-in* Molusce, disponível para o *software* QGIS. Para execução deste *plug-in* foi necessário elaborar um ‘arquivo de treinamento’ para todos os mapas temáticos de ‘áreas construídas’ elaborados, cada um contendo 200 amostras selecionadas aleatoriamente (com auxílio de ferramentas específicas e com referência em uma imagem segmentada) e classificadas manualmente, com base em imagens de referência. Na Tabela 14, abaixo, apresenta os resultados dos índices de acurácia calculados para os mapas de cobertura obtidos para Lajeado. A classificação apresenta boa concordância quando o valor do coeficiente Kappa está entre 0,60 e 0,80 e concordância muito boa quando o valor obtido está entre 0,80 e 1. A acurácia geral é considerada muito boa para valores acima de 85%.

Tabela 14. Índices de acurácia das classificações para Lajeado,

	Índices	1984	1992	1998	2004	2010	2016	Média
MÉTODO A	Exatidão Global (%)	78.1	89.1	78.7	86.5	91.0	93.6	86.2
Supervisionada Pixel a Pixel	Coeficiente Kappa	0.74	0.72	0.74	0.80	0.76	0.87	0.77
MÉTODO B	Exatidão Global (%)	80.7	91.0	84.3	88.7	94.5	93.5	88.8
Extração de Características	Coeficiente Kappa	0.75	0.83	0.78	0.82	0.89	0.85	0.82
VARIAÇÃO	Exatidão Global (%)	3.3	2.1	7.1	2.6	3.8	-0.1	3.0
	Coeficiente Kappa	1.3	15.4	5.8	2.9	17.1	-2.3	6.4

Os índices de acurácia foram calculados apenas para a classe ‘construído’. A ‘variação’ corresponde a diferença entre os índices calculados para os mapas temáticos obtidas através do Método de classificação ‘B’ e através do Método ‘A’.

Os resultados demonstram que, para os mapas temáticos de ‘área construída’ obtidos através do método B (extração por características espectrais), os valores de acurácia calculados são superiores àqueles obtidos para os mapas que foram classificados através do método A (supervisionada pixel-a-pixel). As melhorias referidas aqui, podem ser constatadas no indicador ‘variação’ (última linha da Tabela 14), onde se verifica que houve aumento no valor dos indicadores de acurácia para todas as datas analisadas, com exceção do ano 2016 (mas cuja diminuição é pouco significativa comparada com as melhorias observadas para as outras datas).

3.2| Análises Pós-Classificação

Os procedimentos de análises descritos nesta sessão integram um conjunto de técnicas denominadas de ‘comparação pós-classificação’, utilizadas para obter informações estatísticas (quantitativas) a partir dos mapas elaborados e examinar as mudanças ocorridas para cada classe de cobertura analisada (DAI e KHORRAM, 1999, p. 1187). Para esta pesquisa, foram utilizadas as análises de ‘mudanças na cobertura do solo’, através de análises de estatísticas descritivas (‘matrizes de transição’ e ‘perfil da paisagem’) e as análises ‘métricas da paisagem’, que servem para avaliar e caracterizar da expansão urbana em etapas de difusão e coalescência, segundo o método proposto por Dietzel et al. (2005).

3.2.1. Análise de Mudanças na Cobertura do Solo

As análises de mudanças na cobertura do solo ('land cover change') têm como objetivo detectar e registrar as mudanças nos padrões de ocupação do solo entre dois períodos temporais distintos. As análises são possibilitadas por procedimentos que envolvem a comparação 'pixel-a-pixel' dos mapas temáticos de cobertura do solo, gerando a tabulação cruzada dos dados contidos nos mapas. Este procedimento permite produzir tabelas de contingência indicando a frequência de distribuição das áreas para cada classe, que podem ser sintetizadas em duas ferramentas de análise conhecidas como 'estatísticas de classe' e 'matriz de transição', implementadas nesta pesquisa com auxílio do *plug-in* Molusce, disponível para o *software* QGIS.

A tabela de 'estatísticas de classes' ('class statistics') registra a área total (em hectares e porcentagem) calculada para cada classe de cobertura do solo no período inicial e final, e a variação destas áreas entre os períodos, permitindo verificar se houve mudança e com que intensidade (ver exemplo na tabela da direita na Figura 32). Valores negativos significam redução de área total da classe, e valor positivos indicam o contrário. Estas informações, embora úteis para uma análise inicial, não esclarecem a "natureza da mudança", ou seja, as mudanças entre classes (HOWARTH e WICKWARE, 1981, p. 282).

Figura 32. Exemplo de tabelas de 'Estatísticas das Classes' e 'Matriz de Transição'.

		(hectares)			(porcentagem)			2016			
		2010	2016	Δ	2010	2016	Δ	1	2	3	4
2010 ↓ 2016	Construído	18.6	22.5	3.9	20.6	24.8	4.3	79.9	17.9	1.8	0.4
	Outros	40.8	36.6	-4.2	45.2	40.5	-4.7	16.5	64.9	18.0	0.7
	Vegetação	29.1	29.2	0.2	32.2	32.3	0.2	2.8	23.0	74.0	0.2
	Água	1.9	2.1	0.2	2.1	2.3	0.2	3.5	4.1	2.5	89.9

Elaboração: GABE, M. (2017); Exemplo para o município de Lajeado, para o período de transição entre 2010 e 2016, segundo o modelo de 4 classes de cobertura.

Para examinar a proporção de mudanças entre classes é preciso utilizar a 'matriz de transição' ('transition matrix'), que indica para cada classe, o percentual

da área total que “convertido” para outra classe de cobertura ou que permanece na mesma classe, entre um período e outro. Um exemplo da interpretação desta tabela é dado na interpretação da tabela da direita na Figura 32, referente as mudanças ocorridas entre 2010 e 2016, para a cobertura do solo em Lajeado: onde se observa que, do total de áreas existentes para a classe ‘outros’ (linha 2 da tabela) no ano de 2010, ocorre que no período subsequente (2016), 16,5% destas áreas “mudaram” para a classe ‘construído’, 18% para a classe ‘vegetação’, 0,7% para a classe ‘água’ e os 64,9% restantes, permaneceu na mesma classe.

3.2.2. Análises Métricas da Paisagem

As ‘métricas da paisagem’ (*landscape metrics*) descrevem um conjunto de medidas que permitem mensurar “as propriedades geométricas de elementos da paisagem, e suas posições relativas e distribuições (composição e configuração)” (LEITÃO, et al., 2006, p. 20). As medidas utilizam informações presentes nos mapas temáticos (ex.: mapas de cobertura do solo) e podem ser calculadas através de algoritmos computacionais, com auxílio de *softwares* análises estatísticas espaciais, como é o caso do Fragstats⁴², utilizado no desenvolvimento dessa pesquisa.

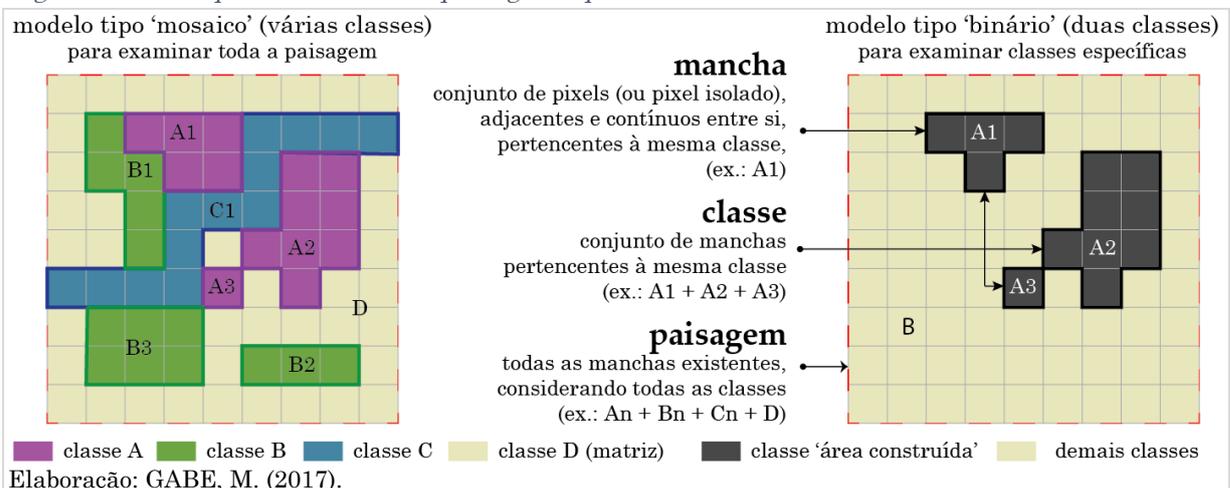
As métricas da paisagem permitem quantificar diferentes atributos da estrutura da paisagem e, acompanhar suas transformações espaciais e configuracionais ao longo de intervalos de tempo. Entre os atributos que podem ser quantificados, estão as medidas de área, perímetro, forma, contraste, agregação, diversidade e conectividade. As métricas podem ser calculadas em três níveis de análise: (i) mancha; (ii) classe; (iii) paisagem, conforme indicado na Figura 33, abaixo.

Os exemplos de ‘modelo da paisagem’ apresentados na Figura 33, descrevem uma mesma ‘paisagem’ hipotética, constituída por uma grade contínua

⁴² Fragstats é um programa de análise estatística espacial, desenvolvido por McGarigal e Marks (1995), que está disponível gratuitamente e continua sendo atualizado e aperfeiçoado. É o mais utilizado em estudos desse tipo e permite calcular mais de 50 métricas diferentes.

de fragmentos ('pixels, no modelo matricial) onde, cada pixel está associado à uma classe ('A', 'B' ou 'C' ou 'D') que corresponde a um tipo de cobertura do solo (área construída, vegetação, água e cultivo). Os pixels que pertencem à mesma classe, e são adjacentes e contínuos entre si, constituem as 'manchas', que são "áreas relativamente homogêneas e que se diferem daquelas no seu entorno" (LEITÃO, et al., 2006, p. 21). As manchas são os elementos básicos da análise da paisagem e, com apenas alguns atributos geométricos da mancha (o perímetro, a área e outras propriedades formais) e de posição relativa (distâncias em relação às demais manchas) é possível calcular diversas métricas da paisagem.

Figura 33. Exemplo de modelos da paisagem tipo 'mosaico' e 'binário'.

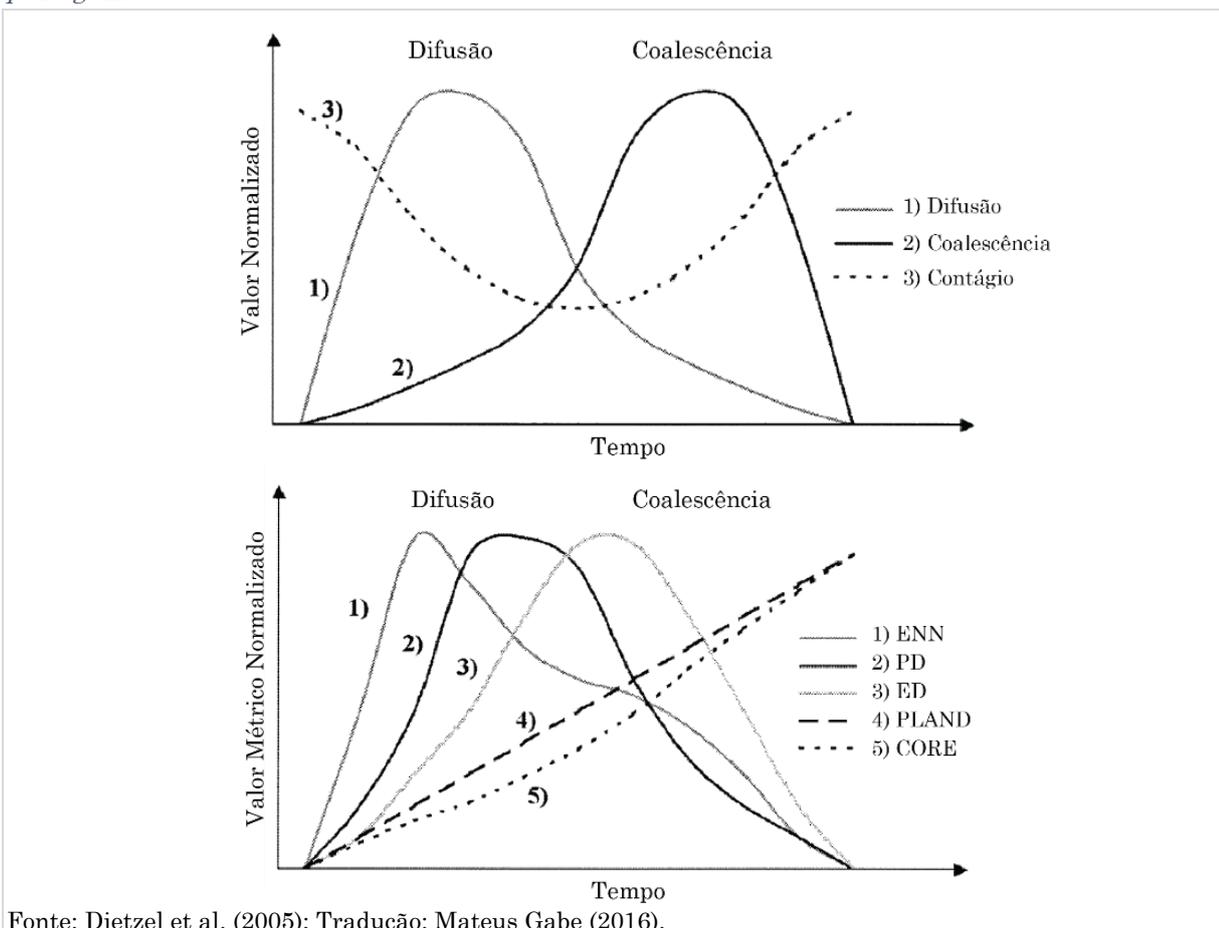


O modelo do tipo 'mosaico' é constituído por manchas de todas as classes de cobertura e permite o cálculo de métricas na escala da paisagem, que servem para identificar relações entre as diversas classes como, por exemplo, medidas de diversidade e de fragmentação da paisagem. O modelo do tipo 'binário' (utilizado nas análises desenvolvidas por essa pesquisa) - é uma simplificação do mosaico, podendo ser utilizado para realçar o contraste entre uma classe específica (ex.: áreas construídas) e o restante do território (BISWAS; WAGNER, 2012, p.624). As métricas na escala da classe, permitem caracterizar a extensão e configuração de uma classe específica, sendo que várias medidas são derivadas de cálculos de

somatório ou média das medidas obtidas na análise de todas as manchas dessa classe, existentes na paisagem.

Ainda que seja recente a aplicação de métricas da paisagem em estudos urbanos, diversos autores propuseram métodos para análise da expansão urbana utilizando tais medidas (cf. (DIETZEL, et al., 2005; HEROLD, COUCLELIS e CLARKE, 2005; AGUILERA, VALENZUELA e BOTEQUILHA-LEITÃO, 2011)). Cada autor propõe a utilização de diferentes medidas e se baseia em teorias ou hipóteses distintas para explicar as relações entre as variações nas métricas e o comportamento espacial de expansão registrado através dos mapas de cobertura do solo.

Figura 34. Fases da expansão urbana associadas à ‘assinatura métrica temporal’ das métricas da paisagem.



Para a análise quantitativa da expansão urbana de Lajeado, foi utilizado o método proposto por Dietzel et al. (2005), que examina o comportamento da “assinatura métrica temporal” de sete métricas da paisagem (Tabela 15) para caracterizar a evolução da expansão urbana, que pode ser entendida através de um processo de duas fases (de difusão e de coalescência), conforme foi explicado no capítulo 2. A Figura 34 mostra a relação entre os processos de difusão e de coalescência e a evolução da ‘assinatura métrica temporal’ das métricas da paisagem selecionadas.

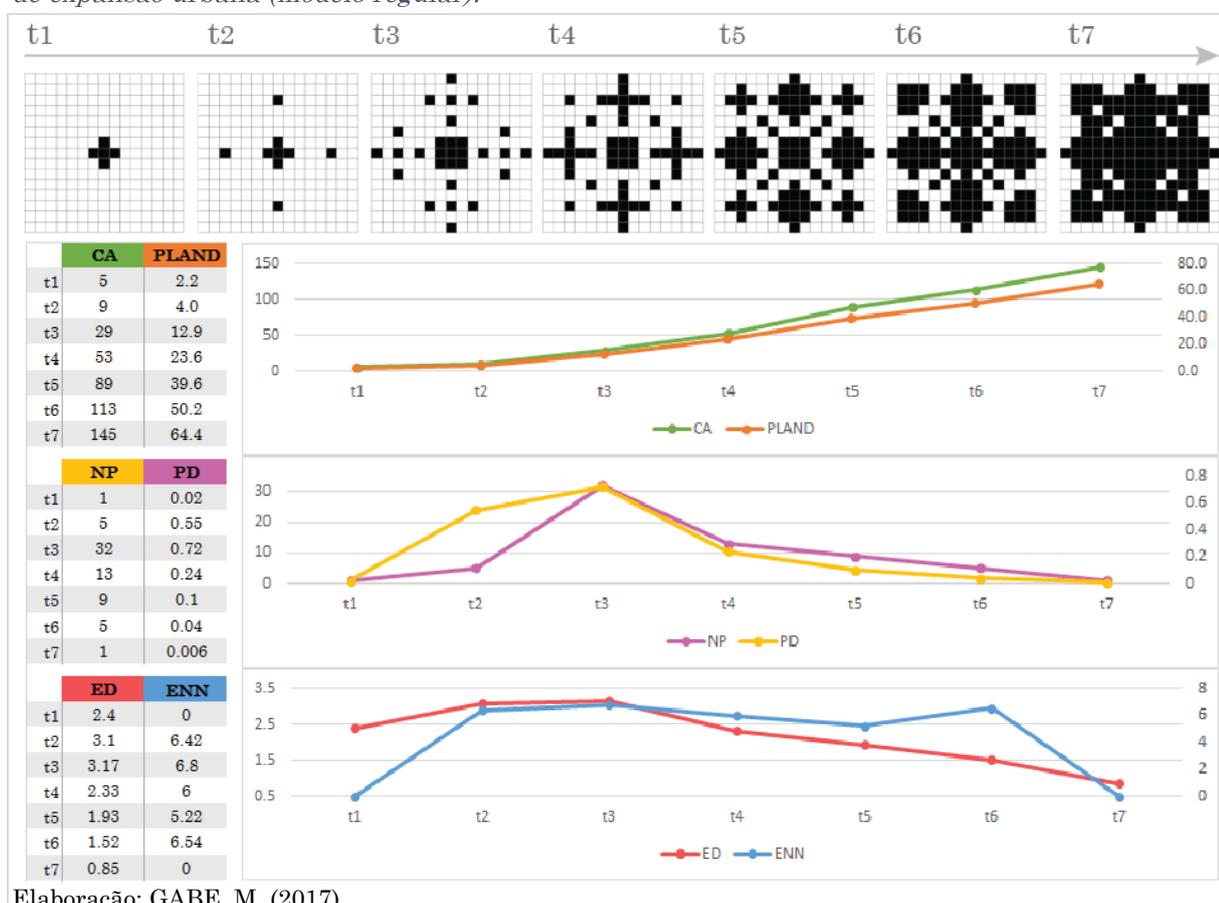
Tabela 15. Descrição das métricas da paisagem selecionadas para análise da expansão urbana.

SIGLA	DESCRIÇÃO	UNID.	INTERVALO
CA Área total da classe	Igual à soma das áreas de todas as manchas de uma classe de cobertura específica presente na paisagem, convertida para hectares	ha	$CA \geq 0$, sem lim.
PLAND Porcentagem da paisagem	Igual à soma das áreas de uma classe de cobertura específica dividida pela área total da paisagem, multiplicado por 100 (para converter em porcentagem).	%	$0 < PLAND \leq 100$
NP Número de manchas	Igual ao número de manchas de uma classe de cobertura específica presentes na paisagem.	manchas	$NP \geq 0$, sem lim.
PD Densidade de manchas	Igual ao número de manchas de uma classe de cobertura específica dividida pela área total da paisagem em hectares	manchas/ha	$PD \geq 1$, sem lim.
LPI Índice de maior mancha	Igual a área da maior mancha da classe correspondente, dividida pela área total coberta por essa classe, multiplicada por 100 (para converter em porcentagem)	%	$0 < LPI \leq 100$
ED Densidade de borda	Igual à soma dos comprimentos de todos os segmentos de borda, envolvendo uma classe específica, dividida pela área total da paisagem convertida para hectares	m/ha	$ED \geq 0$, sem lim.
ENN_MN Distância do vizinho mais próximo	Igual ao valor médio de distância em relação à todas as manchas de uma classe para a mancha vizinha mais próxima baseado na menor distância de borda a borda do centro de uma mancha a outra.	m	$ENN_MN > 0$, sem lim.

Fonte: McGarigal et al. (2002) apud. Dietzel et al. (2005); Tradução: GABE, M. (2017).

Para facilitar a compreensão a respeito da utilização dessas medidas para analisar a expansão urbana, a descrição das métricas apresentadas na tabela acima será feita considerando suas aplicações práticas na pesquisa. A ‘classe específica’ será referida como ‘área construída’ e a ‘paisagem’ como o ‘setor analisado’. Será utilizado, como exemplo, as análises feitas em cima de dois modelos hipotéticos (Figura 35 e Figura 36), que foram utilizados para simular o comportamento das métricas selecionadas, segundo padrões de expansão urbana.

Figura 35. Exemplo do comportamento da ‘assinatura métrica temporal’ para um modelo hipotético de expansão urbana (modelo regular).



Elaboração: GABE, M. (2017).

As duas primeiras métricas, ‘CA’ e ‘PLAND’, são medidas de área e possuem basicamente a mesma utilidade, que é indicar o total de ‘área construída’ presente em cada setor analisado. Essas medidas permitem quantificar e caracterizar o processo de expansão urbana em função da intensidade do crescimento, ao longo do tempo. A medida ‘CA’ (*class area*) é absoluta, indicando

a ‘área construída total’ do setor, em hectares. A medida ‘PLAND’ é relativa (indica proporção), correspondendo ao percentual de área do setor que é ocupado pela classe ‘área construída’, sendo útil para a comparação entre setores com tamanhos distintos (LEITÃO, et al., 2006, p. 76). Conforme é possível verificar nos exemplos das Figura 35 e Figura 36, quando ocorre o acréscimo constante de área construída, em todos os intervalos de tempo, o gráfico das medidas CA e PLAND apresenta crescimento linear, comportamento “padrão” para a assinatura dessas métricas quando analisando áreas urbanas em processo de expansão.

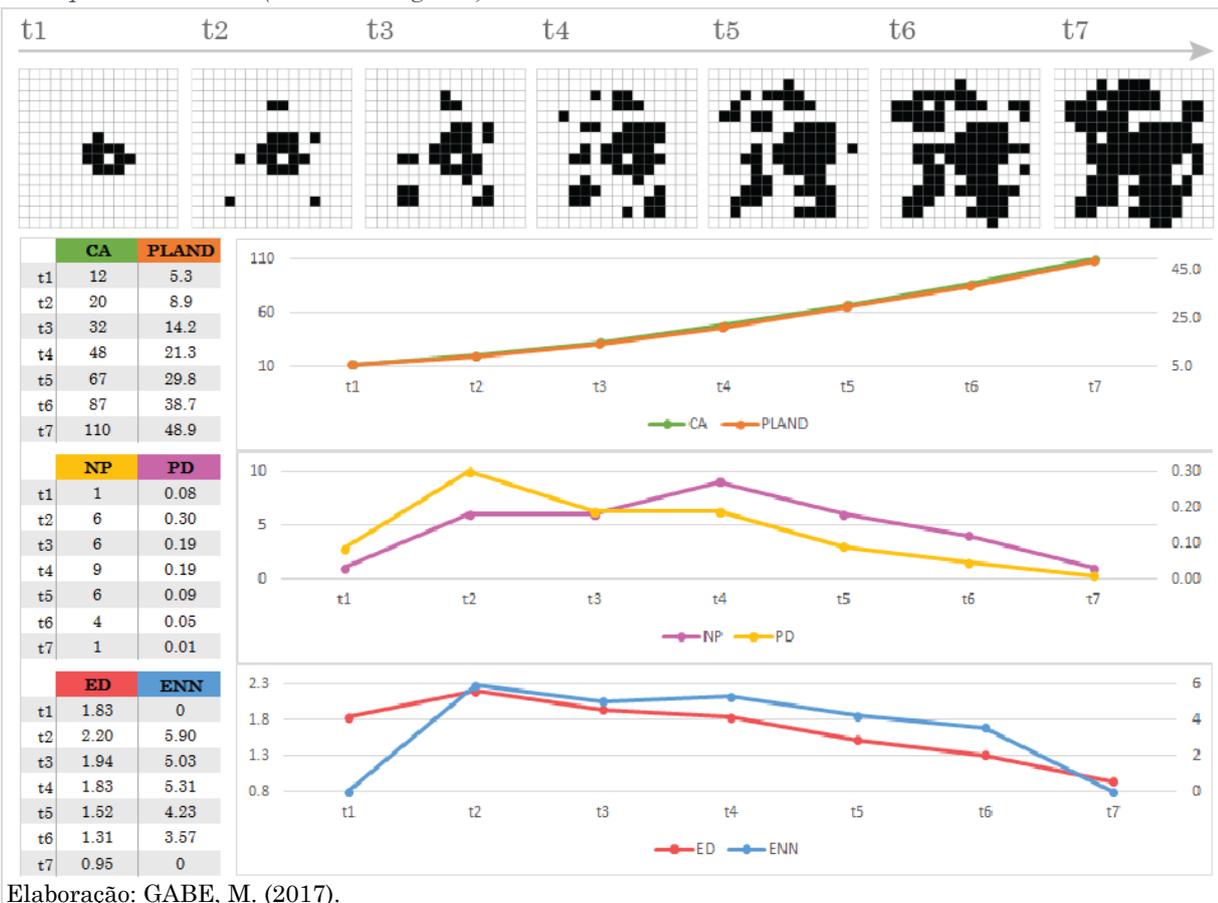
As duas medidas seguintes (NP e PD, Figura 52) também estão relacionadas e devem ser interpretadas em conjunto. A medida NP (*number of patches*) é uma medida absoluta, que indica o total de manchas de ‘área construída’ identificados em cada setor. A medida PD (*patch density*) corresponde à densidade de manchas existentes por hectare. Valores altos para estas medidas indicam a presença de várias manchas isoladas em uma determinada área da paisagem, e o aumento dessa medida ao longo do tempo aponta para processos espaciais de difusão, enquanto, uma diminuição do valor aponta para processos de coalescência. Conforme é possível verificar nos exemplos das Figura 35 e Figura 36, o número de manchas vai aumentando nas fases iniciais do processo de expansão, e vai diminuindo nas etapas finais, conforme a paisagem vai se tornando saturada.

A medida LPI⁴³ (*largest patch index*) indica a proporção (percentual), da área construída total do setor, contida na maior mancha existente no setor analisado. A maior mancha representa, usualmente, um núcleo urbano consolidado em relação ao entorno próximo (*core*, ou centro urbano local) e portanto, a análise desse indicador (complementada pelos indicadores anteriores) permite verificar o tamanho (a extensão de área) dessa mancha principal, assim como, verificar a intensidade com que ela se expande ao longo do tempo. A interpretação, para ser satisfatória deve ser feita em conjunto com as medidas CA/PLAND e NP/PD. Se durante um período, a quantidade de área construída total no setor aumenta (CA)

⁴³ Esta medida não aparece nos exemplos apresentados, mas será utilizada na análise de Lajeado no capítulo seguinte. O comportamento da ‘assinatura métrica temporal’ para essa medida é similar aos das medidas CA e PLAND (linear).

mas a área na maior mancha permanece igual (LPI), ou cresce pouco, significa que, nesse período, os acréscimos de área construída ocorreram com mais intensidade nas outras manchas. Para confirmar se o crescimento ocorreu nas outras manchas já existentes, ou se novas manchas surgiram (indicando difusão) é preciso examinar a variação no número de manchas no período (NP).

Figura 36. Exemplo do comportamento da ‘assinatura métrica temporal’, para um modelo hipotético de expansão urbana (modelo irregular).



Elaboração: GABE, M. (2017).

A medida, ED (*‘edge density’*) refere-se à concentração de bordas (perímetro das manchas de área construída) presente em uma determinada área, e cujo valor é expresso em metros por hectare. Valores altos nessa medida de ‘densidade de bordas’ indicam a presença de várias ‘manchas’, possuindo dimensões médias/pequenas, enquanto, valores baixos, indicam a presença de poucas manchas, com dimensões maiores. Assim como as medidas ‘NP’/‘PD’, a existência de várias manchas na paisagem é considerado um indicador para o processo de

difusão e poucas manchas, indicador para o processo de coalescência. Essa medida também permitiria analisar aspectos referentes à fragmentação⁴⁴ da paisagem, pois valores altos nessa medida, além de corresponderem à presença de várias manchas isoladas, pode ser um indicador para manchas com perímetro irregulares. É possível verificar, nos exemplos das Figura 35 e Figura 36, que a medida ED assume valor máximo no mesmo período que a medida NP, quando o processo de difusão apresenta maior intensidade.

A métrica da paisagem denominada ENN_MN (*mean euclidian nearest distance*) é uma medida de ‘configuração da paisagem’. Para o cálculo desta medida, primeiramente são calculadas as distâncias mínimas de todas as manchas da ‘área construída’ em relação à mancha localizada mais próxima (do mesmo tipo), para após ser calculado o valor médio para esse conjunto de distâncias obtidos. A interpretação dessa medida é mais complexa, e precisa ser examinada levando em consideração o comportamento de todas as outras medidas apresentadas até agora. O valor de ENN_MN tende a aumentar com o processo de difusão, ou seja, quando as manchas vão se afastando entre si. Porém, a diminuição do valor não indica necessariamente o processo de coalescência, podendo significar o aparecimento de novas manchas isoladas entre as já existentes, o que também resulta em diminuição do valor desta medida. É preciso, portanto, considerar também o comportamento das variáveis NP/PD para analisar esse indicador. Nos exemplos das Figura 35 e Figura 36 é possível verificar que o valor de ENN aumenta significativamente nos estágios iniciais (difusão) e vai diminuindo gradativamente, conforme a paisagem se torna saturada.

A Tabela 16 é útil para a interpretação dos resultados obtidos, pois apresenta uma síntese das relações entre as variações esperadas na ‘assinatura métrica espacial’ (no valor das métricas) e o processo espacial que está associado (as características da expansão urbana). As métricas da paisagem são medidas ‘relativas’, ou seja, permitem apenas a comparação de atributos entre diferentes

⁴⁴ A presente pesquisa não analisa o processo de fragmentação.

momentos ou lugares, tendo por parâmetro seu comportamento e variações. Não há um valor específico que determine se a área observada possui ou não, características de expansão urbana “dispersa” ou “compacta”, e fica atribuído ao pesquisador a interpretação dos resultados segundo o contexto da análise (BHATTA, 2010, p. 97).

Tabela 16. Relações entre as variações na ‘assinatura métrica espacial’ e os processos espaciais relacionados.

Métrica	Variação	Processo Espacial	Atributo
CA / PLAND	+	Expansão	Área
LPI	+	Expansão	Área
NP / PD	+	Coalescência	Configuração
	-	Difusão	
ED	+	Coalescência	Forma
	-	Difusão	
ENN_MN	+	Difusão	Configuração
	-	Coalescência	

O cálculo das métricas utilizando o recorte de um município inteiro como referência, não permite examinar os efeitos “intra-urbanos” da expansão urbana, ou seja, como este processo ocorre nos diferentes setores que constituem o município. Em função disso, para o estudo de Lajeado foi adotada uma divisão do município em setores de análise⁴⁵, método que também é utilizado por Dietzel et al. (2005) e Herold et al. em estudos sobre expansão urbana (2005).

⁴⁵ Os setores utilizados para as análises serão apresentados juntos com os resultados, no capítulo seguinte.

4. ESTUDO DE CASO EM LAJEADO / RS

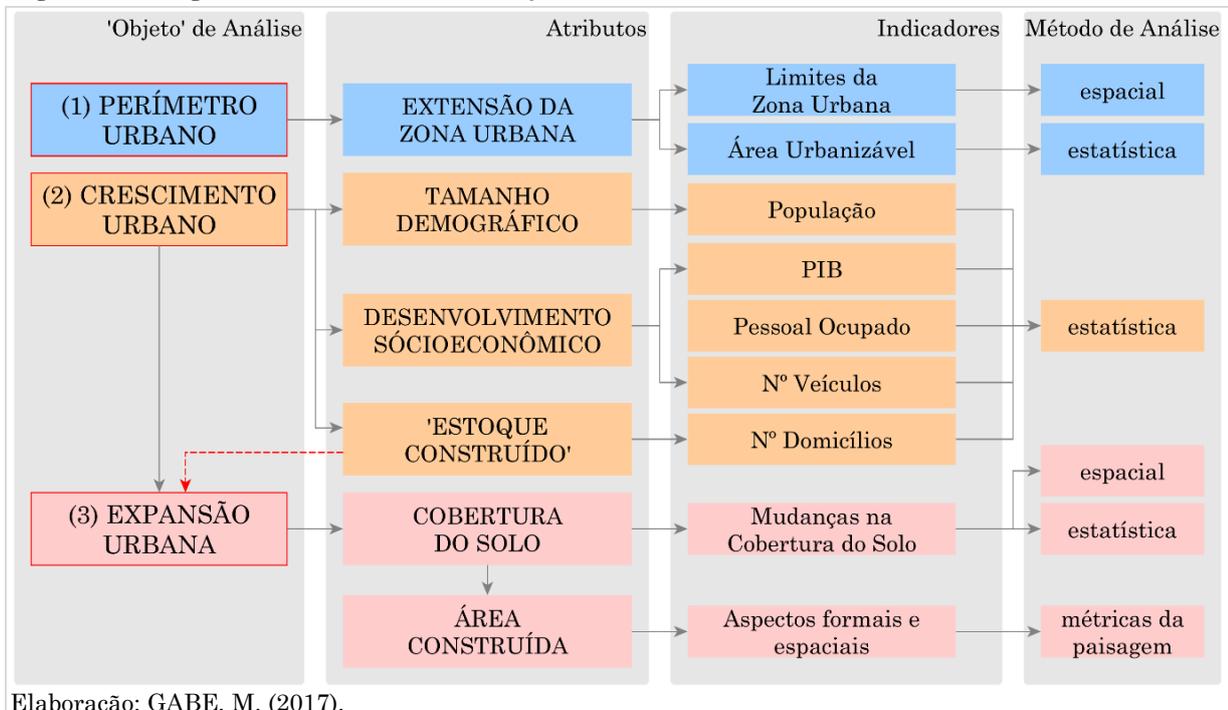
Nesse capítulo examinaremos a prática de flexibilização do perímetro urbano e a expansão urbana de Lajeado. Utiliza-se para tanto as metodologias de análise descritas no capítulo anterior. Este capítulo foi subdividido em três partes, que correspondem aos principais “objetos” de estudo desta pesquisa - perímetro, crescimento e expansão urbana - cujas principais etapas de análise estão representadas no diagrama da Figura 37.

No primeiro subcapítulo, será apresentada a análise da evolução do **perímetro urbano** de Lajeado, que teve por objetivo examinar as transformações ocorridas no traçado do perímetro ao longo do período analisado. Com auxílio de análises espaciais e estatísticas foi possível comparar os “quatro perímetros” identificados e, com base em seus limites e na extensão da ‘zona urbana’ e da ‘zona rural’ (a área total) para cada período, foi possível determinar a intensidade com que as ampliações do perímetro urbano ocorreram e quais áreas foram incorporadas.

O segundo subcapítulo desenvolve uma breve análise do **crescimento urbano** de Lajeado, com o objetivo de esclarecer o contexto no qual se deu as ampliações do perímetro e expansão urbana, tendo por referência, aspectos sobre o crescimento populacional e econômico do município, examinados através da evolução de seis indicadores socioeconômicos (listados na Figura 37). A análise do comportamento destes indicadores, nos períodos considerados, permite uma

elaboração para avaliar as repercussões do processo de crescimento na sua relação com a expansão urbana e com a flexibilização do perímetro urbano.

Figura 37. Diagrama síntese da estruturação das análises desenvolvidas.



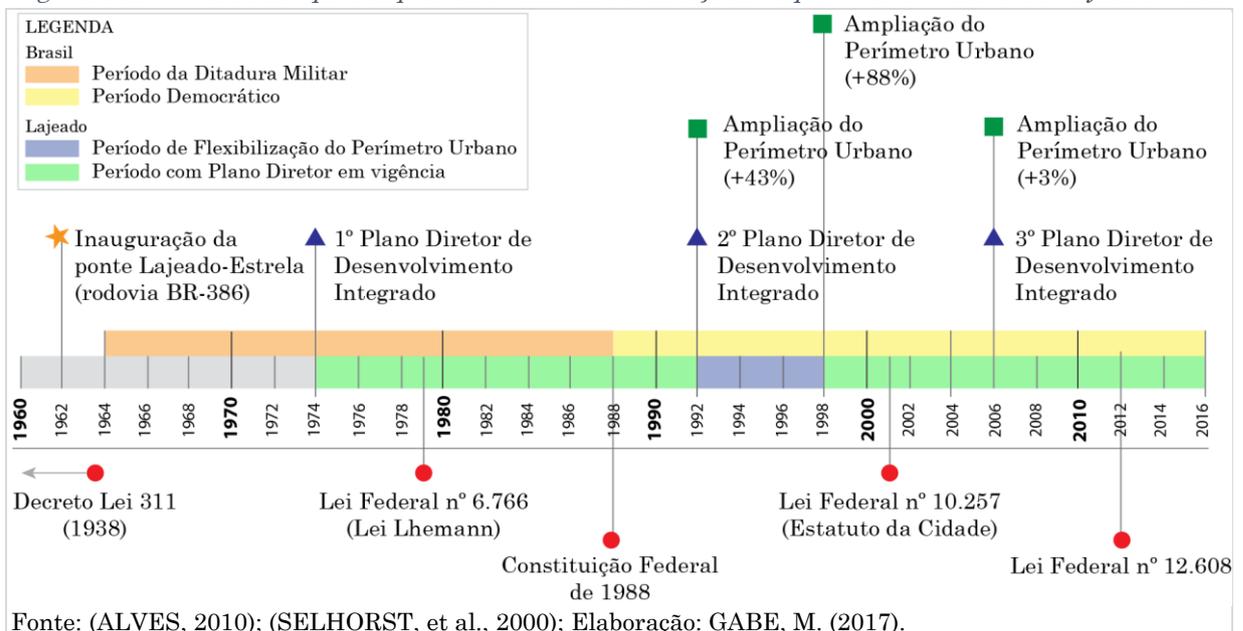
O último subcapítulo desenvolve a análise da **expansão urbana** de Lajeado e foi subdividido em três partes, que correspondem às etapas de aprofundamento das investigações, cada uma envolvendo diferentes procedimentos analíticos. Na primeira parte são examinadas as mudanças na cobertura do solo, com base em conjuntos multi-temporais de mapas de cobertura do solo, obtidos através dos métodos de classificação de imagens de sensoriamento remoto. Na segunda parte é examinado apenas a evolução da classe ‘área construída’, buscando relacionar as transformações ocorridas com as ampliações do perímetro urbano. A última parte envolve a caracterização da expansão urbana em Lajeado, realizada com auxílio de análises da “assinatura métrica temporal”, calculadas para a classe ‘área construída’, e que permitiram avaliar o ‘padrão de expansão urbana’ do município, segundo o método proposto por Dietzel et al. (2005).

4.1 | Análise da Evolução do Perímetro Urbano

Utilizando os procedimentos de georreferenciamento detalhados na metodologia da pesquisa, foi possível identificar e mapear quatro perímetros urbanos para Lajeado, considerando o período que vai do primeiro perímetro estabelecido, em 1974, até a última ampliação, em 2006. Nas investigações sobre os Planos Diretores de Lajeado, foi constatado que as alterações no perímetro urbano sempre estiveram associadas às mudanças nos Planos, com apenas uma exceção: o ano de 1998, precisamente quando ocorreu a maior ampliação da zona urbana.

Para facilitar o entendimento dos resultados, que serão apresentados a seguir, foi elaborado uma ‘linha temporal’ com as datas correspondentes às implementações/mudanças dos perímetros e dos planos diretores de Lajeado, associados às datas de promulgação das principais leis relacionadas a esses instrumentos de planejamento (ver Figura 38).

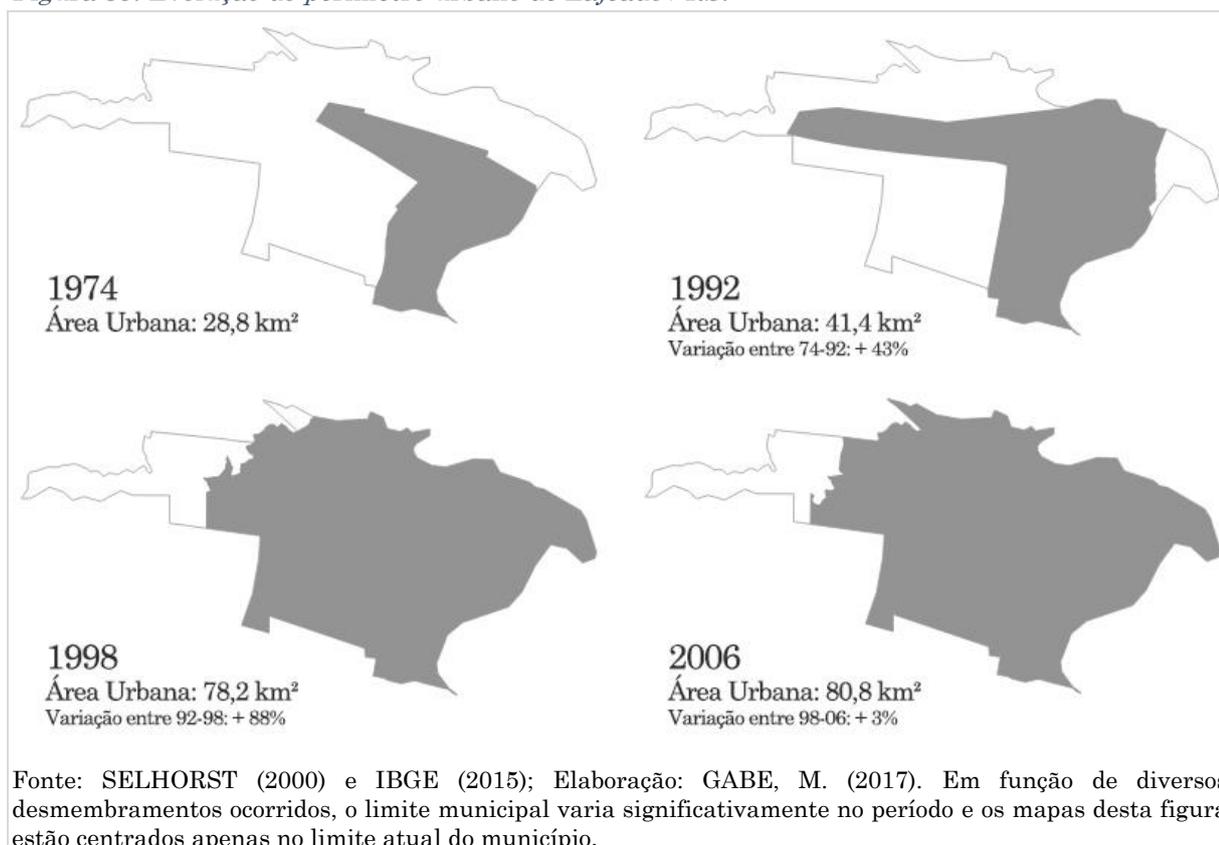
Figura 38. Linha do tempo dos planos diretores e alterações no perímetro urbano de Lajeado / RS.



O primeiro perímetro urbano identificado é de 1974 (seu traçado consta de levantamento realizado por Selhorst, em 2010) e foi instituído através da ‘Lei do

Zoneamento’, promulgada junto com o primeiro Plano Diretor do município⁴⁶. A área da ‘zona urbana’ neste período era de 28,8 km², equivalente a 32% da área total do município (considerando seus limites administrativos atuais). Este perímetro abrangia as áreas mais consolidadas existentes naquele período, incluindo o núcleo do distrito de Conventos (presente desde a ocupação inicial do município) e um corredor de área localizado junto à BR-386.

Figura 39. Evolução do perímetro urbano de Lajeado / RS.



Nos mapas apresentados na Figura 39 estão realçadas as áreas que correspondem à ‘zona urbana’ do município (na cor cinza), para os distintos períodos, sendo que, os limites dessas áreas correspondem ao traçado do perímetro

⁴⁶ O ‘Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado’ de 1974 (lei nº 2.729/74, aprovada pelo prefeito Alípio Hüffner, da ARENA) foi elaborado pela SERFHAU e seguiu as exigências do governo militar, com objetivo de garantir verbas federais para investimentos em infraestrutura e habitação. Foram aprovados naquele ano (1974), além do Plano Diretor e da Lei de Zoneamento (Lei 2.732/74, que definiu a ‘zona urbana’, ‘zona de expansão urbana’ e a ‘zona rural’), o Código de Obras, o Código de Posturas e o Código Tributário (ALVES, 2010, p. 61).

urbano. A análise por comparação destes mapas permite visualizar a evolução do perímetro urbano do município nesse período considerado.

A primeira ampliação da ‘zona urbana’ de Lajeado foi realizada em 1992 (segundo perímetro identificado) quando houve a promulgação do novo plano diretor do município⁴⁷. Com a conversão de 12,6 km² de área rural para urbana (variação de +43%) a “nova” ‘zona urbana’ passou a corresponder a aproximadamente 45% da área total do município. Esta ampliação estendeu o perímetro na direção norte, que corresponde ao maior vetor de expansão urbana nesta época (SELHORST, 2000) e na direção oeste, incorporando uma área maior do distrito de Conventos.

O terceiro perímetro, foi instituído 6 anos após a alteração realizada em 1992 e corresponde à maior ampliação do perímetro urbano na história do município. A definição deste novo perímetro não envolveu a revisão do Plano Diretor e acresceu 36,8 km² à ‘zona urbana’, quase dobrando seu tamanho, passando a corresponder a 86% da área total do município. Com essa alteração, a Zona Rural do município ficou restrita apenas às áreas situadas no extremo oeste do município. Esta pesquisa não conseguiu identificar “causas” que levaram os “agentes” que atuam sobre o planejamento dos municípios (ex.: poder público, técnicos de planejamento, etc.) a decidirem sobre esta ampliação tão significativa do perímetro urbano.

A próxima e última alteração do perímetro urbano até aqui ocorreu em 2006, dessa vez junto com a promulgação do terceiro Plano Diretor⁴⁸ do município, que está em vigência até hoje. Esta alteração significou um acréscimo de 2,6 km² de área para a ‘zona urbana’.

⁴⁷ O ‘Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado’ de 1992 (lei n° 4.788/92, aprovada pelo prefeito Cláudio Schumacher, do PP) dá ênfase a ‘malha viária’ e aspectos relacionados à mobilidade e transporte urbano, tendo em vista o processo de expansão urbana do município. Este plano também estabelece a ‘Lei do Parcelamento do Solo’, buscando adequar o Plano Diretor do município às normas da lei 6.766/79 (ALVES, 2010).

⁴⁸ O ‘Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado’ de 2006 (lei n° 7650/06, aprovada pela prefeita Carmen Cardoso, do PP) busca adequar o Plano Diretor às normas do Estatuto da Cidade, incluindo os instrumentos da gestão participativa e também relacionados com questões ambientais (Estudos de impacto ambiental, áreas especiais de interesse paisagístico e ambiental, etc.) (ALVES, 2010).

Através destas análises visuais e estatísticas simples é possível constatar que houve um aumento expressivo da ‘zona urbana’ do município, especialmente na década de 90. O próximo passo é verificar em que condições essas ampliações ocorreram, considerando aspectos referentes ao crescimento urbano do município.

4.2| Análise do Crescimento Urbano

A análise do crescimento urbano do município de Lajeado examina a evolução de variáveis socioeconômicas que servem de indicadores para diversos atributos relacionados ao processo de crescimento urbano: (i) o **tamanho populacional**, através da variável ‘número de habitantes’; (ii) o **desempenho econômico**, através das variáveis ‘PIB’, ‘pessoal ocupado’, ‘número de veículos’; (iii) o **‘ambiente construído’**, através da variável ‘número de domicílios’. Estas variáveis são correlacionadas entre si e o exame de seus comportamentos ao longo de um intervalo temporal (através de gráficos) possibilita a caracterização do processo de crescimento urbano, em função dos atributos considerados.

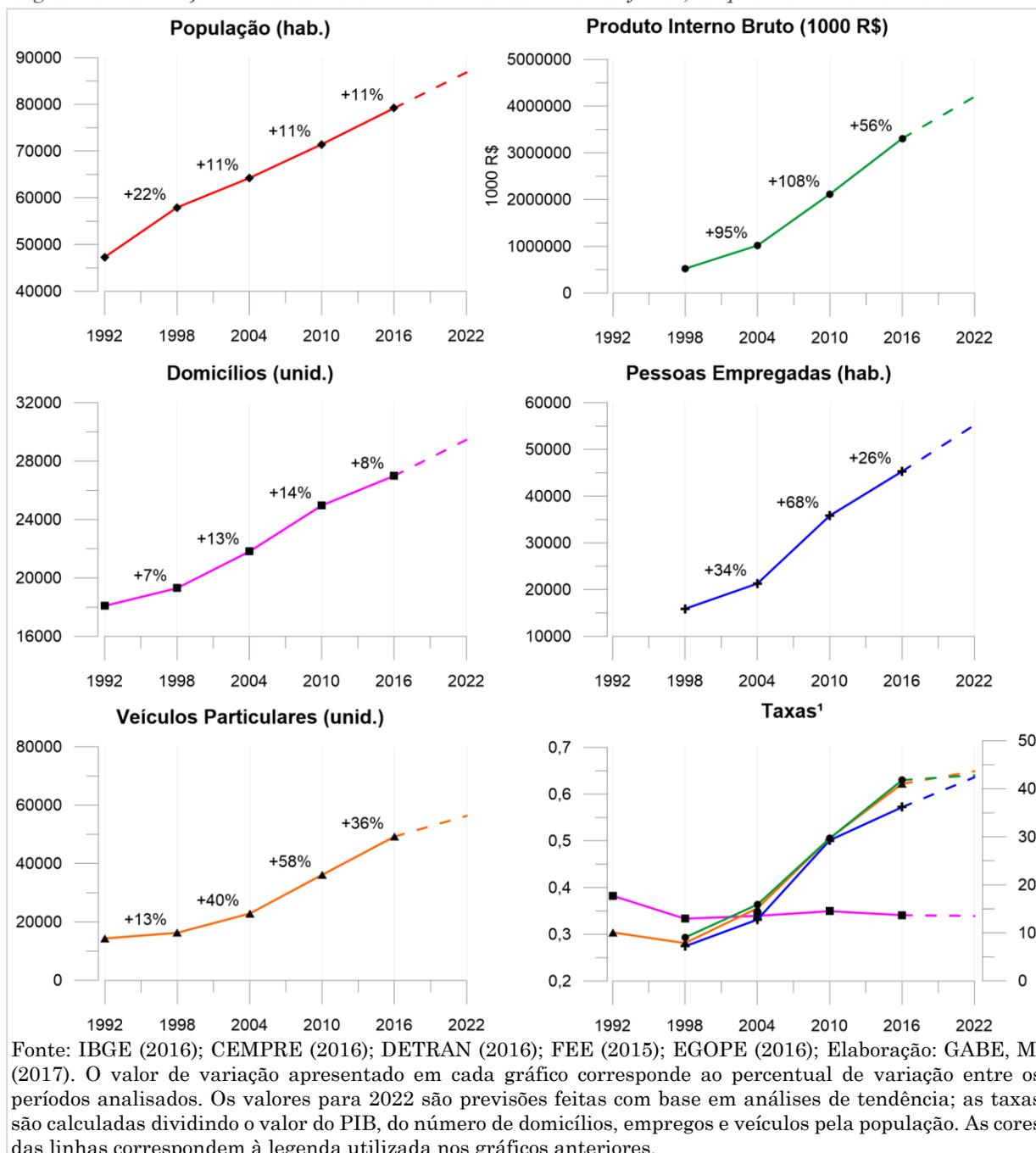
Os cinco primeiros gráficos da Figura 40 apresentam a evolução das variáveis utilizadas, iniciando pelo ano de 1992⁴⁹. Apresenta-se também projeções de tendência para o ano 2022, que corresponderiam ao próximo período. O último gráfico apresenta a evolução de quatro indicadores (taxas ‘per capita’) calculados pela divisão do valor do PIB, do número de domicílios, empregos e veículos pela população total. Estes indicadores calculados são úteis para monitorar mudanças significativas nas características socioeconômicas do município pois, demonstram a relação média entre essas variáveis e o tamanho populacional, fator determinante no processo de crescimento urbano.

O primeiro gráfico apresenta a evolução do ‘número de habitantes’, variável que corresponde ao atributo ‘tamanho populacional’. A maior variação ocorreu

⁴⁹ Para algumas variáveis não foi possível obter os dados para este ano, portanto, as análises iniciam na próxima data, em 1998.

entre 1992 e 1998 (+22%), valor que corresponde ao dobro do que é verificado para os períodos posteriores, onde a variação do crescimento populacional se manteve constante (+11%). Esse crescimento populacional significativo também foi identificado por Silveira et al. (2014, p. 37), que o classificou como “intenso no período entre 1991 e 2010”.

Figura 40. Evolução dos indicadores socioeconômicos de Lajeado, no período de 1992 a 2022.



O segundo gráfico apresenta a evolução do PIB, cuja maior variação ocorreu entre 2004 e 2010 (+108%), resultado que foi levemente superior ao registrado no período anterior (+96% entre 1998 e 1992) e quase o dobro do valor para o período posterior (+56% entre 2010 e 2016). O terceiro gráfico apresenta a evolução do número de domicílios existentes no município, variável associada ao atributo ‘ambiente construído’⁵⁰. Entre 1998 e 2010 ocorre o maior aumento no número de domicílios construídos, quase o dobro do que é verificado para os outros períodos.

O quarto gráfico apresenta a evolução do número de habitantes empregados no município (assalariadas e não-assalariadas) através da variável ‘pessoal ocupado’ que serve de indicador para o ‘desempenho econômico’. Houve um aumento expressivo nesta variável no período entre 2004 e 2010 (+68%), mais do que o dobro verificado para os outros períodos. Na comparação com a variável ‘PIB’ é possível verificar que os gráficos apresentam comportamento similar, com taxas de variação proporcionais para cada período.

O quinto gráfico apresenta a evolução do número de veículos registrados no município (carros, caminhonetas e motos) e serve de indicador para o desempenho econômico. O crescimento da frota de veículos é expressivo pois entre 1992 e 2016 houve um aumento de quase 300%. O período de maior aumento de veículos foi entre 2004 e 2010 (58%). Na comparação com a variável ‘PIB’ e ‘pessoal ocupado’ é possível verificar que os gráficos apresentam comportamento similar, com taxas de variação proporcionais para cada período.

O sexto gráfico apresenta os indicadores ‘per capita’ que foram calculados através das variáveis já descritas. Houve grande variação no ‘PIB per capita’ e no ‘número de carros por habitante’, especialmente após 1998, quando as taxas aumentam significativamente. O número de habitantes por domicílio é a única destas taxas calculadas que permanece praticamente constante para todo período analisado (média de 3 habitantes por domicílio).

⁵⁰ Nesse caso, por se tratar especificamente de moradias (os ‘abrigo’ segundo a classificação de Doxiadis) o termo mais adequado seria “estoque construído”, mas para evitar confusão o termo “ambiente construído”, que foi mais utilizado até aqui, foi mantido.

Para complementar esta análise foi aplicado um procedimento de correlação estatística (método do coeficiente Pearson) entre as variáveis utilizadas para avaliar o crescimento urbano, conforme está apresentado na Tabela 17, que contém a matriz de correlação Pearson calculada. Todas as variáveis apresentam alta correlação entre si, especialmente a variável população que apresenta os valores médios de correlação mais altos. A maior correlação é encontrada entre o número de veículos e o PIB (0.999).

Tabela 17. Análise de correlação entre as variáveis (coeficiente Pearson).

	População	PIB	Domicílios	Empregos	Veículos
População	1.000	0.992	0.994	0.991	0.995
PIB	0.992	1.000	0.979	0.994	0.999
Domicílios	0.994	0.979	1.000	0.989	0.985
Empregos	0.991	0.994	0.989	1.000	0.996
Veículos	0.995	0.999	0.985	0.996	1.000

As projeções para o ano 2022, calculadas para todas as variáveis e indicadores, apontam para a continuidade deste processo de crescimento urbano, em conformidade com a previsão de aumento para todas as variáveis consideradas. As variáveis ‘PIB’ e ‘veículos’ mostraram os menores valores de crescimento, o que pode indicar uma tendência de estabilização do crescimento no futuro.

Com base nos resultados encontrados neste subcapítulo fica evidente que o município de Lajeado apresentou crescimento urbano significativo no período em questão, considerando que os indicadores contemplados na pesquisa ao serem examinados, apresentaram aumento expressivo e, conforme vimos no subcapítulo 2.2 (p.81), quando existe crescimento populacional e econômico, possivelmente haverá demanda por espaço (“terra”) e aumento de ‘área construída’, em função de necessidade de moradias e expansão da infraestrutura urbana.

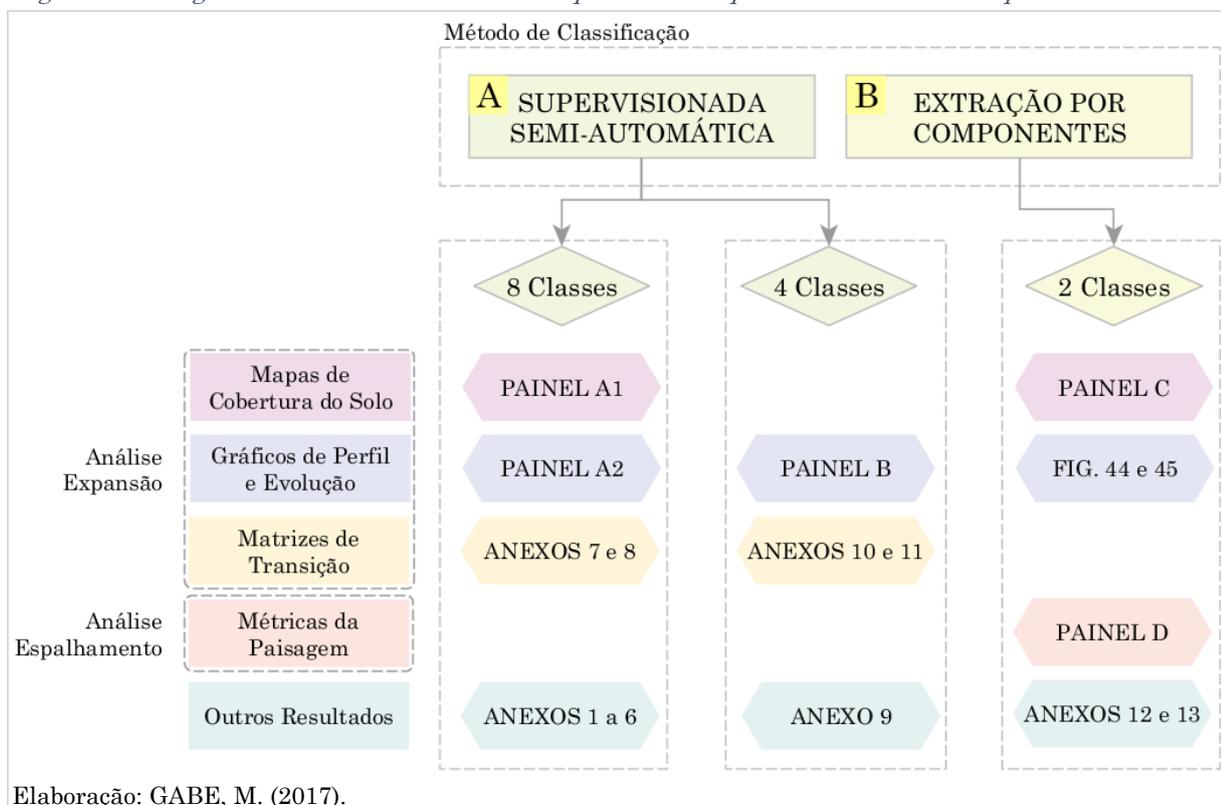
As informações apresentadas neste subcapítulo indicam a ocorrência e a intensidade do crescimento urbano, mas não fornecem informações sobre a natureza física e espacial deste processo. Portanto, o próximo passo consistiu em analisar variáveis que permitiriam quantificar as características físicas da

expansão urbana, e foi realizado através da análise da evolução das ‘áreas construídas’ no município.

4.3 | Análise da Expansão Urbana |

Neste subcapítulo serão apresentados os resultados e avaliações obtidas através de análises sobre a expansão urbana do município de Lajeado no período entre 1984 e 2016. As análises foram realizadas através de procedimentos técnicos reconhecidos como sendo capazes de detectar e mensurar mudanças em mapas temáticos de cobertura do solo e obtidos através de métodos de classificação de imagens de sensoriamento remoto. Com o auxílio destes procedimentos foi possível identificar e quantificar transformações na cobertura do solo em áreas específicas do município, ao longo de diferentes intervalos de tempo.

Figura 41. Diagrama síntese dos resultados apresentados para as análises da expansão urbana.



Os mapas temáticos de cobertura do solo de Lajeado (seis períodos) foram agrupados em painéis para permitir a comparação entre os resultados, pois, o que interessa para estas análises são as mudanças entre um período e outro. A ordem de exposição dos resultados será feita segundo o diagrama da Figura 41 (página anterior), onde os painéis encontram-se agrupados, primeiramente, em função dos métodos utilizados na obtenção dos mapas de cobertura e, em seguida, pelo número de classes consideradas pela classificação.

Entre as classes de cobertura consideradas nesta pesquisa, a classe ‘área construída’ é de particular importância, pois abrange o conjunto das edificações, redes de infraestrutura e superfícies impermeáveis em geral, sendo utilizada como variável para mensurar atributos que se relacionam à extensão física da ‘forma urbana’ (suas propriedades formais, configuracionais e espaciais).

As análises apresentadas consistem nos próprios mapas temáticos, em gráficos e em tabelas de perfil e de evolução da cobertura do solo⁵¹, que são. Os mapas temáticos para cada período analisado, em todas as variações de classes e em alta resolução, incluindo também os diferentes traçado do perímetro urbano, encontram-se disponíveis para consulta na sessão Anexos (Anexos 3 a 8).

4.3.1. Mudanças na Cobertura do Solo

Nesse subcapítulo iniciaremos a análise da expansão urbana de Lajeado, cujos principais resultados serão apresentados com auxílio dos painéis A1/A2 e B. O Painel A1 (Figura 42) contém o conjunto de mapas temáticos de ‘cobertura do solo’, classificados segundo o modelo de oito classes de cobertura e obtidos através do método de classificação supervisionada. Este conjunto de mapas tem grande relevância entre os resultados desta pesquisa pelo fato de abrangerem o maior número de classes e, por essa razão, permitir a diferenciação entre a variedade de

⁵¹ Produzidas a partir de análises estatísticas descritivas, baseadas em informações sobre cada classe em mapas temáticos de cobertura do solo..

formas de ocupação existentes no município, além de seus respectivos padrões de distribuição e configuração espacial.

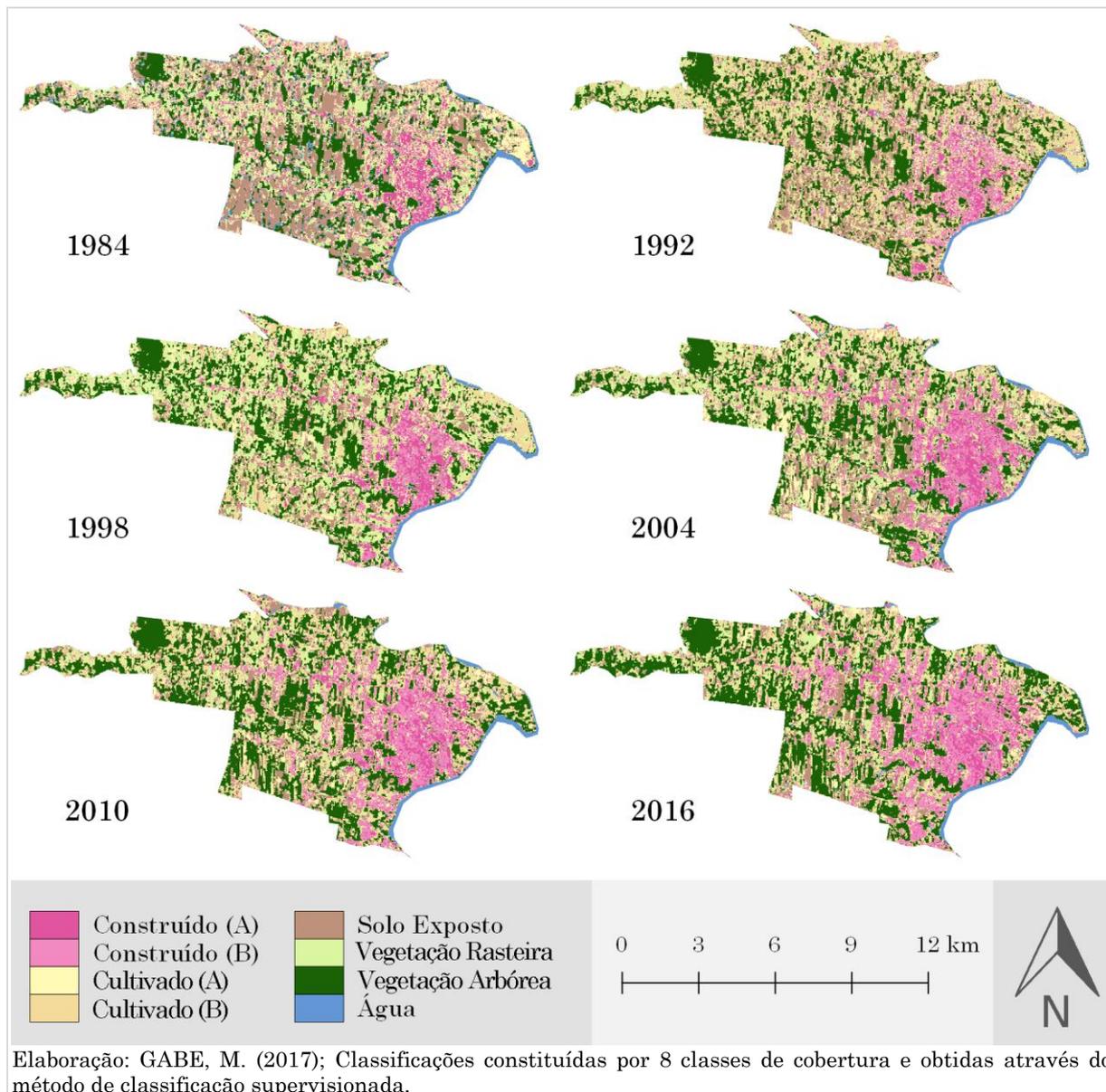
É preciso atentar para o fato de que o resultado médio da análise de acurácia geral para este conjunto de classificações é de 80% e o coeficiente kappa é de 0.76, valores que não são ideais para realização de análises pós-classificação – para os quais, os valores precisariam ser, no mínimo, entre 85% e 0.80, respectivamente (BHATTA, 2010). Como não foi possível aprimorar a acurácia destas classificações, a utilização dos resultados encontrados requer cautela em relação às conclusões aqui apresentadas - especialmente no caso das duas primeiras datas, que apresentam menor valor de acurácia geral (conforme foi visto na Tabela 14, p. 124). A principal confusão na observação destas classificações ocorre entre as áreas construídas e áreas de solo exposto, ou culturas, que são os tipos de cobertura mais difíceis de serem diferenciados entre-si através de técnicas de classificação de imagens de sensoriamento remoto (SUN et al, 2015). Como consequência, podemos esperar que a estimativa de área construída para este conjunto de mapas temáticos será, de maneira geral, superestimada para estas duas classes de cobertura do solo.

O Painel A1 permite a comparação por análise visual entre os mapas de cobertura obtidos para cada período de análise. É possível constatar que a composição da paisagem é heterogênea, isto é, o mosaico é constituído de uma mistura evidente de vários tipos de cobertura que se encontram bastante distribuídas espacialmente. Além disso, o tamanho e a forma das manchas que compõem o mosaico são predominantemente de tamanhos médio e pequenos, fator determinante para a aparência fragmentada e descontínua da paisagem como um todo. As manchas que possuem forma estreita e alongada podem ser classificadas como ‘corredores’ (segundo a terminologia da ecologia da paisagem) e que, usualmente, desempenham funções ecológicas significativas quando pertencem às classes naturais (ex.: água ou vegetação) (FORMAN, 2014, p. 361).

Ainda nesta mesma linha de análise, examinando as classes ‘construído A’ e ‘construído B’ ao longo de todo período considerado, é possível visualizar o

aumento significativo de áreas construídas, o que representa mais uma evidência a respeito da intensidade do processo de expansão urbana do município. Também é possível perceber um aumento significativo para a classe ‘vegetação arbórea’, embora, não seja possível diferenciar a que tipo de vegetação corresponde este crescimento⁵².

Figura 42. Painel A1: Mapas temáticos de cobertura do solo de Lajeado / RS para o período de 1984 a 2016.



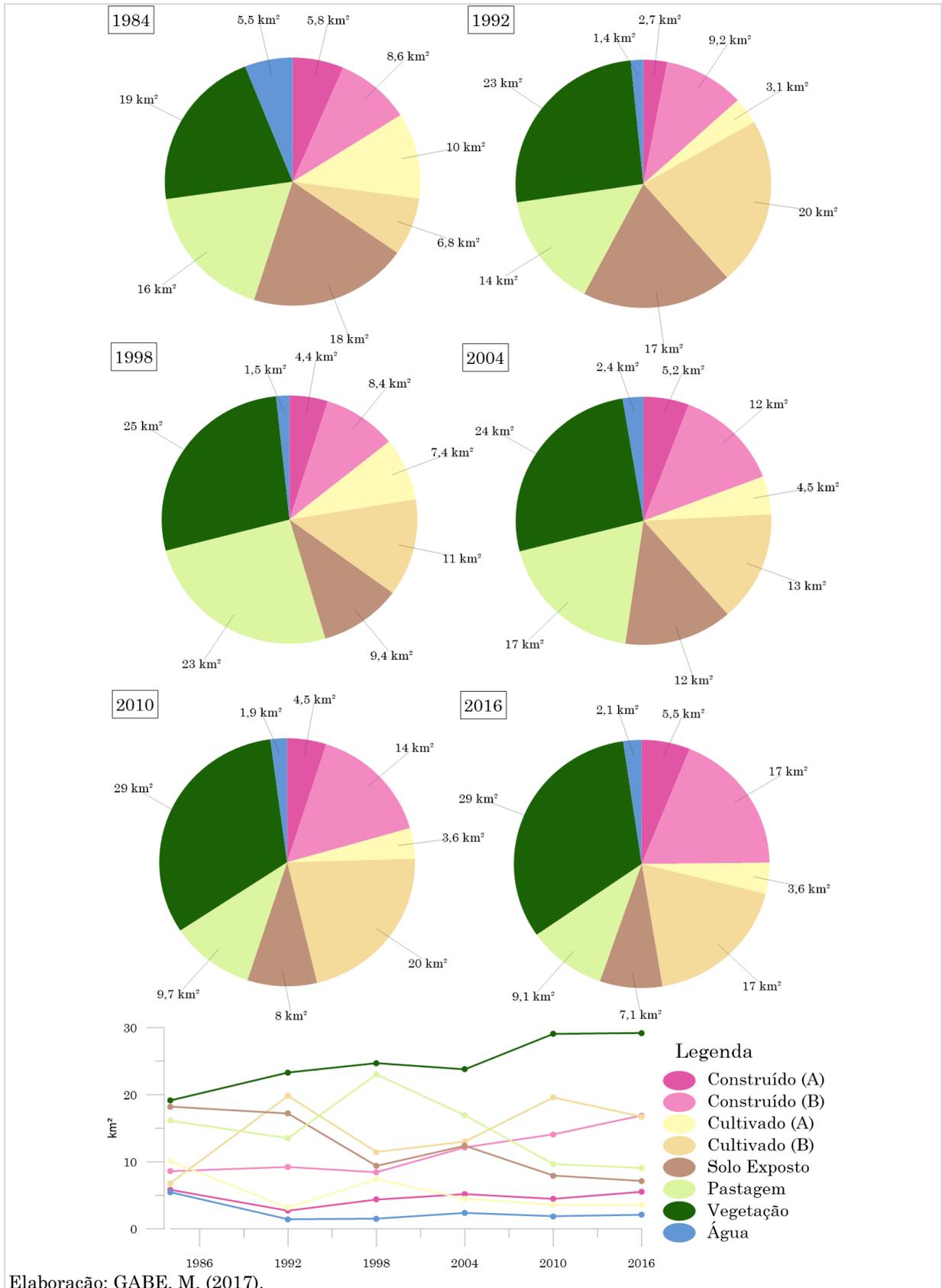
⁵² Nos mapas de cobertura produzidos para esse trabalho não foram utilizadas técnicas que permitissem a diferenciação entre vegetação energética (silvicultura) ou vegetação nativa (áreas de preservação e outros tipos de áreas verdes). Essa diferenciação pode ser relevante em estudos sobre as repercussões ambientais do processo de expansão urbana.

Os tipos de cobertura que apresentaram redução significativa foram as classes ‘cultivado A’, ‘cultivado B’ e ‘vegetação rasteira’, e que normalmente estão associadas aos usos agrícolas e pecuários. A diminuição dessas classes de cobertura e o concomitante aumento da classe ‘vegetação arbórea’ pode ser um indicativo do abandono das áreas rurais do município, relacionados às mudanças no uso do solo ocasionadas pelas ampliações da zona urbana e refletem a pouca relevância do setor agrícola para a economia do município. Segundo dados do IBGE, em 2010 haviam apenas 1800 hectares de área cultivada no município.

A classe ‘solo exposto’ representa um tipo de cobertura do solo, cuja presença, normalmente, aponta para um processo de transição entre diferentes tipos de cobertura ou de uso do solo, como por exemplo, desmatamento de áreas e obras de terraplanagem para construção de novas áreas residenciais ou, preparo do solo para fins agrícolas (futuros plantios). Em função disso, possui comportamento variado e é difícil estabelecer algum padrão de comportamento na sua evolução ao longo do período analisado.

As análises visuais são úteis para a investigação inicial, mas não permitem elaborações aprofundadas e conclusões mais objetivas. Assim, para analisar com mais precisão as transformações ocorridas, foi obtido o ‘perfil da paisagem’ para cada mapa de cobertura do solo, através de procedimentos que permitem sumarizar as áreas de cada classe de cobertura por meio da descrição tabular das informações contidas nos mapas. Os gráficos resultantes, apresentados no Painel A2 (Figura 43), são complementares aos mapas do painel anterior, e contém a descrição do total de área para cada classe de cobertura do solo, e com isso possibilitam a visualização da proporção de cada classe, na constituição da paisagem. O gráfico em linhas (parte inferior do Painel A2) apresenta a evolução da área total para cada classe ao longo do período analisado. As tabelas de ‘estatísticas de classe’ e as ‘matrizes de transição’ (que contém as descrições das mudanças entre classes), para todos os períodos analisados, estão nos anexos (Anexo 9, 10 e 11, a partir da p. 203).

Figura 43. Painel A2: Perfil de classes de cobertura do solo de Lajeado (modelo de 8 classes).



Elaboração: GABE, M. (2017).

O primeiro período de transição, entre 1984 e 1992, apresenta diminuição significativa na área total para as classes ‘construído A’ e ‘água’ (-3,5% e -4,5%, respectivamente), o que pode ser considerado incomum. Isto porque as áreas construídas, em função de sua natureza e seu impacto na cobertura do solo, não são rapidamente “substituídas”, ou seja, não desaparecem (DIETZEL, et al., 2005). O mesmo ocorre para as áreas com cobertura de água que, exceto em situações excepcionais, possuem tendência a se manter num valor relativamente constante (ex.: segundo a flutuação do nível do rio). Neste caso, a explicação para esta diminuição anormal verificada, é que estas classes foram superestimadas na classificação de 1984 em função de confusão entre classes, conforme já foi confirmado através das análises de acurácia.

Considerando todo o período compreendidos pelo estudo, os tipos de cobertura do solo que apresentaram maior crescimento foram as classes ‘construído B’ e ‘vegetação arbórea’. Em 1984 a área coberta por vegetação era de 19 km² e em 2016, este valor subiu para 29 km² (+52%) enquanto, a classe ‘construído B’ praticamente duplicou nesses 32 anos, aumentando de 8,6 para 17 km² (+98%). As maiores perdas de área foram nas classes ‘pastagem’ (-44%) e ‘cultivo A’ (-66%). Os resultados aqui descritos, reforçam o que já havia sido observado na interpretação por análise visual da evolução dos mapas de cobertura do solo.

Entende-se que com base nas informações deste painel e das tabelas disponíveis no anexo seria possível realizar outros apontamentos sobre as transformações que ocorrem nos diversos períodos analisados, porém, com o foco na expansão urbana, interessa à pesquisa examinar de maneira aprofundada as transformações relacionadas às ‘áreas construídas’.

4.3.2. Evolução da ‘mancha urbana’

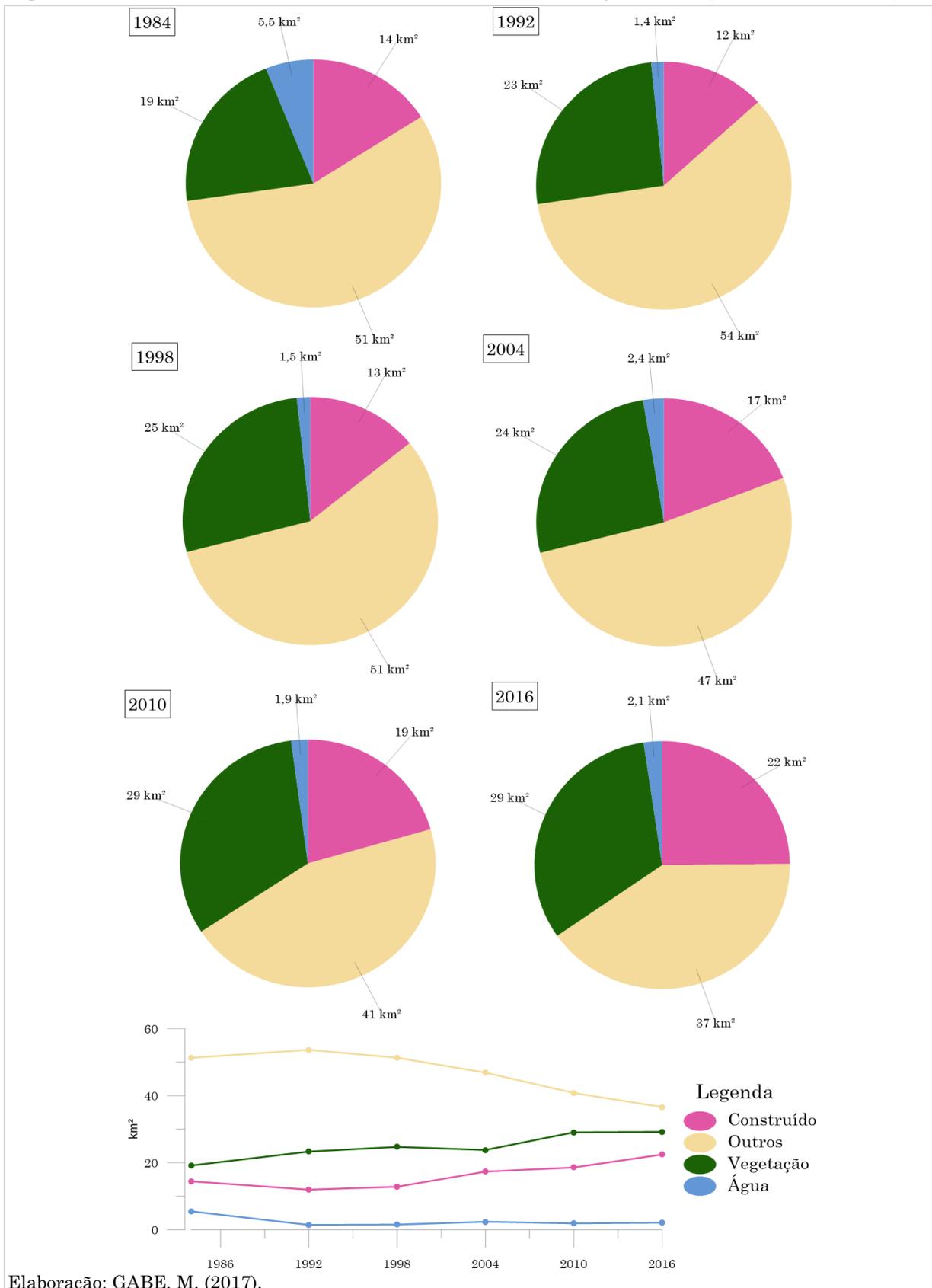
Para facilitar esta tarefa, foi realizada a reclassificação dos mapas de cobertura do solo, convertendo o ‘mosaico da paisagem’, do modelo de oito classes

de cobertura para o de quatro classes (ver Tabela 12, p. 112, para mais detalhes). Para esta reclassificação as classes ‘vegetação’ e ‘água’ foram mantidas e as classes ‘construído A’ e ‘construído B’ foram agrupadas e, neste caso, representam a ‘mancha urbana’ do município. As classes de cobertura que estão mais relacionadas aos usos agrícolas (‘cultivado A e B’, ‘solo exposto’ e ‘vegetação rasteira’) cobrem a maior parcela do município em todas as datas analisadas e, por isso, foram agrupadas em uma única classe (denominada ‘outros’) para facilitar o entendimento dos resultados. O painel B (Figura 44, p.152) contém o mesmo tipo de informações dos painéis anteriores, apresentando o conjunto de mapas temáticos de cobertura do solo segundo o modelo de quatro classes e obtido através de reclassificação.

É possível verificar que a classe ‘outros’ tem estado em declínio durante todo o período analisado, com uma diminuição de 51 para 37 km² (variação de -27%) mas ainda correspondendo, na última data, à maior parcela da superfície do município. A classe ‘água’ manteve-se relativamente estável e a classe ‘vegetação’, conforme já foi analisado, apresenta crescimento constante. A classe ‘construído’ mostra-se em expansão durante todo o período analisado, crescendo cerca de 83% no período. As maiores taxas de crescimento de área construída ocorreram após 1998, ou seja, após o período de ampliações significativas no perímetro urbano, onde houve crescimento de 75%.

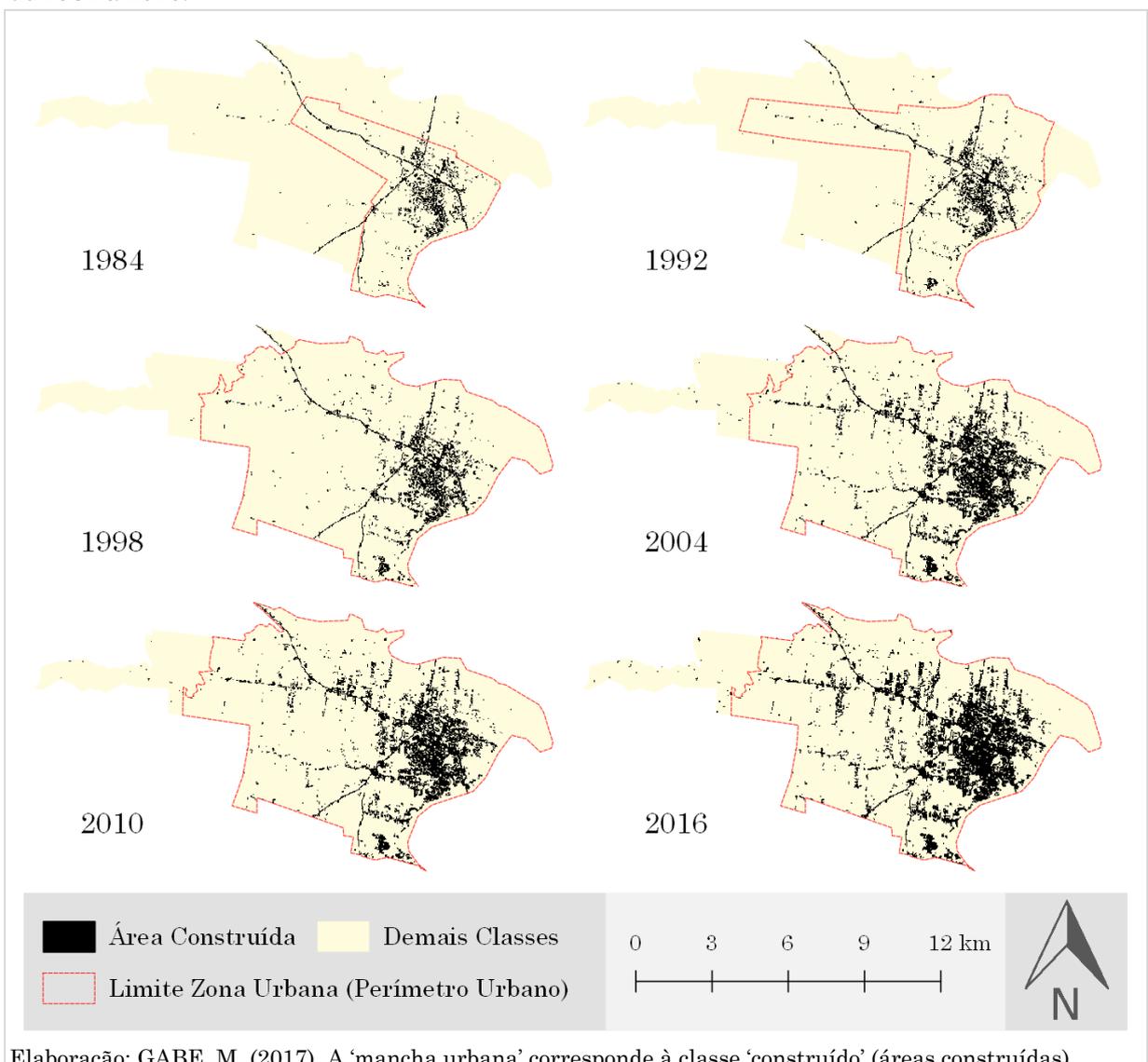
Até aqui foi quantificada a expansão urbana do município de Lajeado. É preciso, porém, buscar relacionar este processo com a flexibilização do perímetro urbano e examinar as características espaciais da expansão da área construída, com auxílio de indicadores de difusão e coalescência. As análises que seguem, utilizaram o conjunto multi-temporal de mapas de cobertura do solo que consideram apenas duas classes – ‘construído’ e ‘outros’ – e que foram classificados segundo o método de extração por características espectrais, previamente descrito na metodologia (p.116).

Figura 44. Painel B: Perfil de classes de cobertura do solo de Lajeado / RS (modelo de 4 classes).



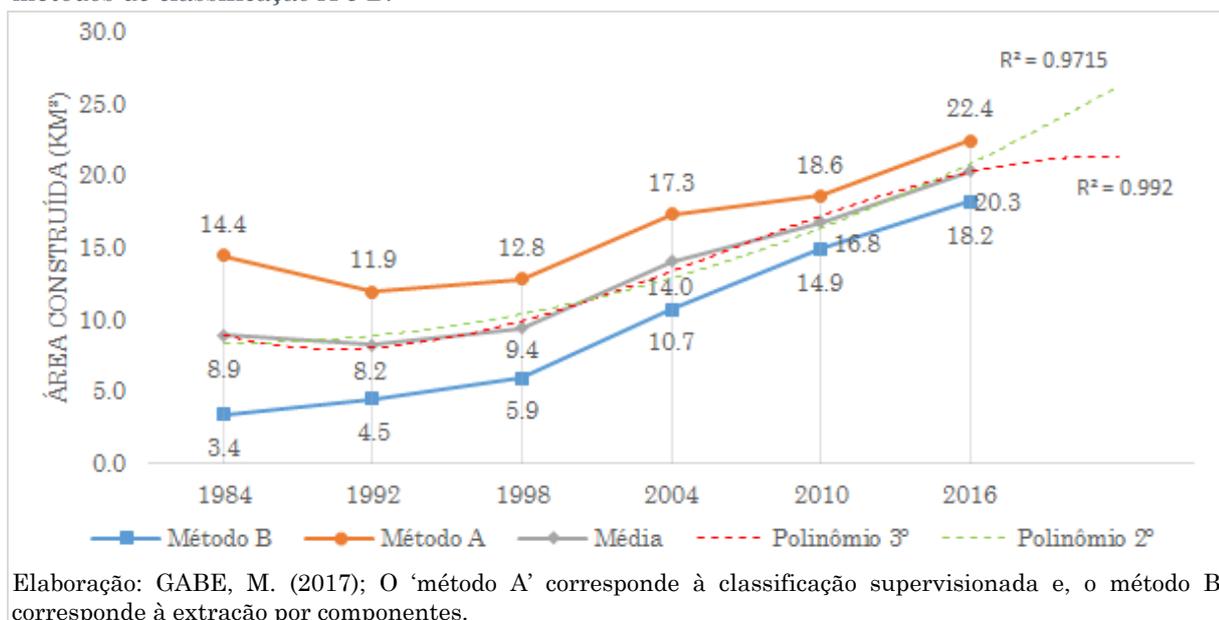
O painel C (Figura 45) apresenta os mapas temáticos de cobertura do solo de cada ano, sobreposto pelo perímetro urbano vigente na época, para permitir a análise de relações entre a expansão e as ampliações do perímetro urbano. Através de análise visual dos mapas é possível verificar que para todas as datas, a maior parcela de “manchas” de ‘área construída’ está localizada no interior do perímetro urbano (na Zona Urbana). Também é possível constatar que é após a mudança do perímetro, em 1998, que temos uma expansão mais intensa de áreas construídas, especialmente nas direções oeste e noroeste, áreas que, até essa data, pertenciam a zona rural.

Figura 45. Painel C: Mapas da ‘mancha urbana’ e do perímetro urbano de Lajeado / RS no período de 1984 a 2016.



Conforme foi explicado anteriormente na Metodologia, as classificações obtidas através deste método consideram apenas as ‘áreas construídas’ que permanecem entre um e outro período, dessa maneira, as áreas construídas que são identificadas em um primeiro momento, mas, que não foram verificadas nos momentos subsequentes, são automaticamente excluídas da classificação final pois, provavelmente trata-se de confusão entre classes. Desta forma, os resultados para o valor total de área construída em cada período, obtidos através deste método são significativamente inferiores àqueles produzidos pelo método anterior (apresentado nos Painéis A1 e A2), especialmente nas datas iniciais, que possuem valores de acurácia menores.

Figura 46. Gráfico comparativo entre os valores de ‘área construída total’ obtidos através dos métodos de classificação A e B.

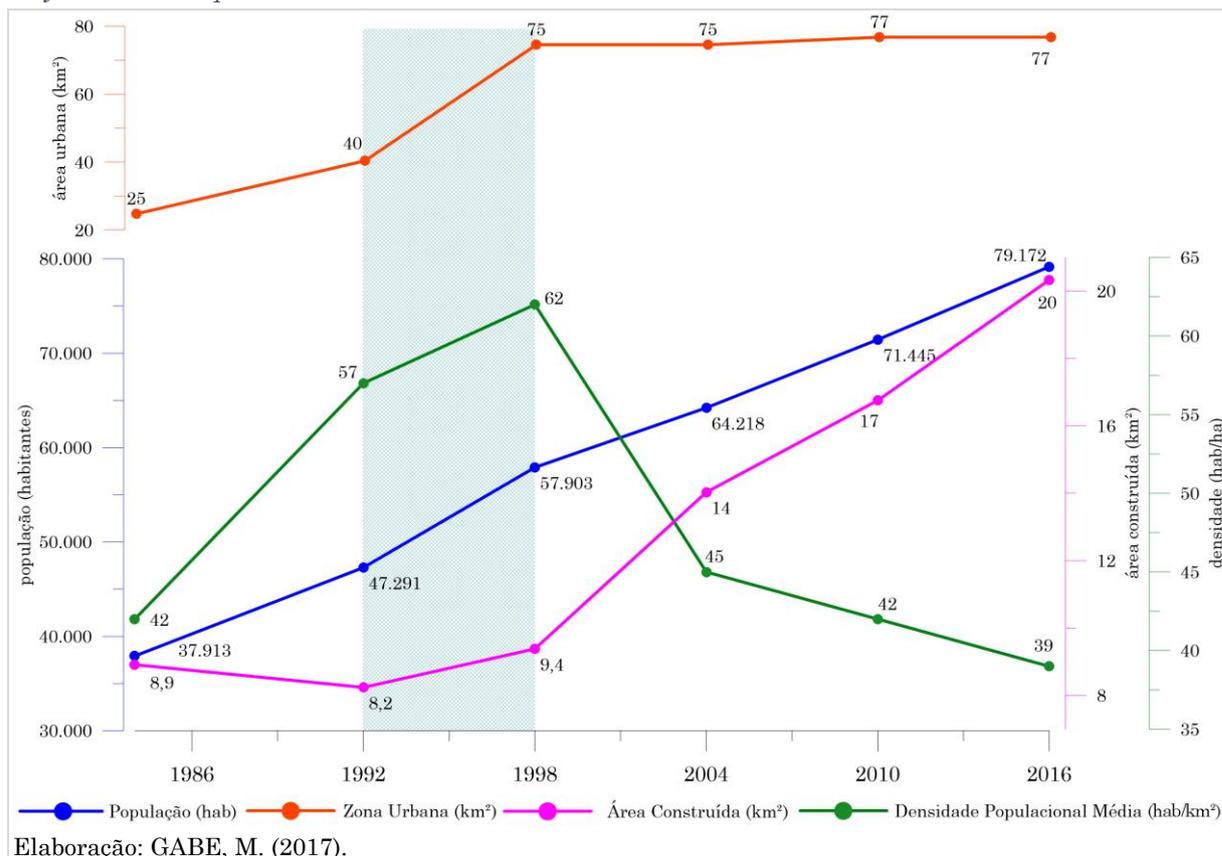


O gráfico da Figura 46, acima, apresenta a comparação entre os valores ‘total de área construída’, obtidos pelos dois métodos de classificação de imagens de sensoriamento remoto utilizados nesta pesquisa e, também o ‘valor médio’ entre ambos.

O gráfico da Figura 47 apresenta a relação entre o aumento de área construída, o crescimento populacional e a expansão da Zona Urbana, variáveis

que são importantes para compreender a expansão urbana do município e permitem o aprofundamento das análises do Painel C. Os valores para o ‘total de área construída’, indicados neste gráfico correspondem ao ‘valor médio’ calculado, apresentado no gráfico anterior.

Figura 47. Gráfico de evolução da população, da área da zona urbana e da área construída de Lajeado / RS no período de 1984 a 2016.



No gráfico (Figura 47) está destacado, na cor azul, o período em que é identificada a prática de flexibilização do perímetro urbano no município (entre 1992 e 1998), o que corresponde ao período de maior aumento da variável ‘área urbana’, que é equivalente à área total no interior do perímetro urbano (a ‘zona urbana’) e representada no gráfico abaixo através da linha vermelha.

No período de 32 anos, a população do município mais do que dobrou, aumentado em 41 mil habitantes, o que representa uma taxa de crescimento médio de 1300 habitantes por ano. Neste mesmo intervalo de tempo, a área construída do

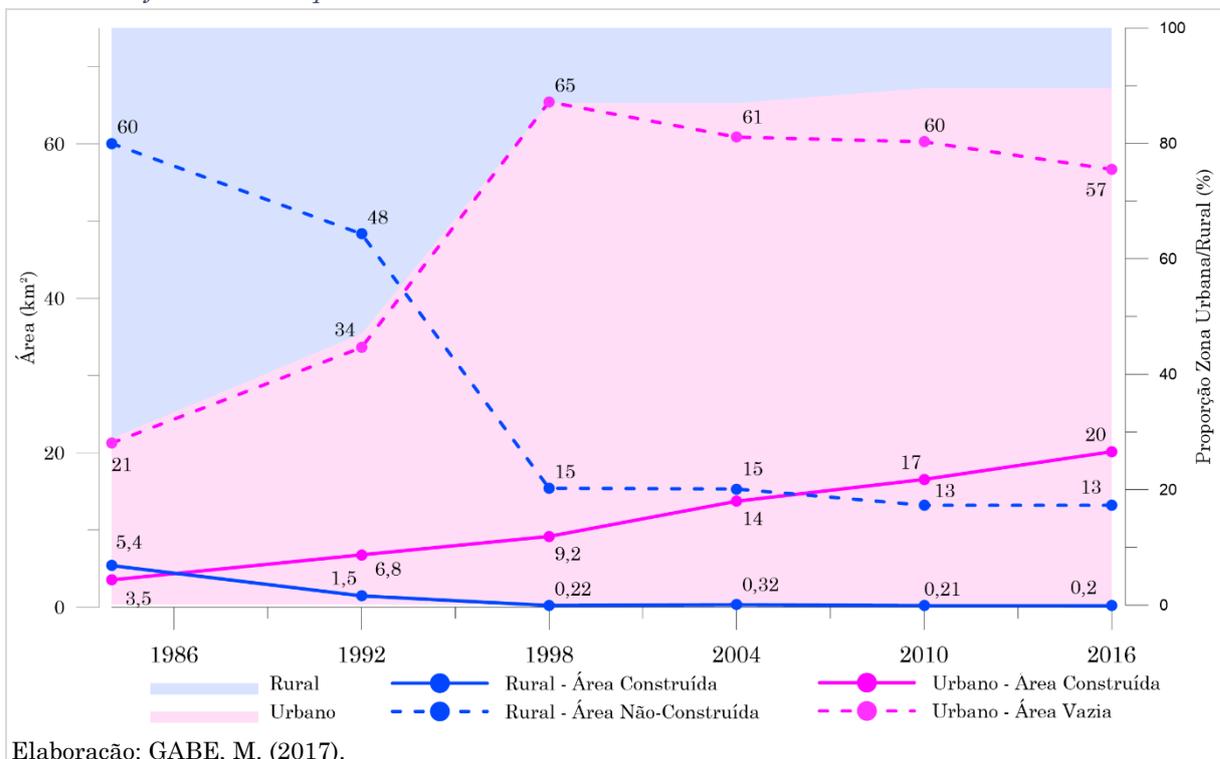
município aumentou de 8,9 para 20 km², o que corresponde a uma média de 35 hectares por ano. É evidente, nos gráficos apresentados, que os períodos de maior crescimento ocorreram após 1998, quando a taxa média de crescimento de área urbana foi de 59 hectares por ano.

A relação entre a área construída e a população em cada período é denominado de ‘densidade populacional por área construída’ e é considerado um indicador eficiente para verificar casos de expansão urbana dispersa (ANGEL et al. 2007). Até 1998, o valor deste indicador estava aumentando constantemente (de 42 hab./km², em 1984, para 62, em 1998) e, a partir de 2004, apresentou diminuição (de 45 hab./km² para 39, em 2016). Isso demonstra que a taxa de crescimento das ‘áreas construídas’ (a expansão urbana) tem sido maior que a taxa de crescimento da população, evidenciando um padrão disperso de ocupação do território. Não há uma referência de valor ideal (máximo ou mínimo) para este indicador de densidade, mas é possível afirmar, pelos resultados obtidos para Lajeado, que houve uma queda brusca nessa densidade e que esta queda aconteceu na mesma época das ampliações da zona urbana (década de 90).

O gráfico da Figura 48 apresenta, complementarmente, a relação entre a área total da ‘zona rural’ e da ‘zona urbana’ associada aos valores totais de ‘área construída’ e ‘área não-construída’ para cada período. O gráfico assim produzido, fornece informações relevantes sobre a repercussão do aumento do perímetro urbano sobre o processo de expansão urbana.

A partir do gráfico é possível verificar que a ‘zona rural’ foi reduzida, ao longo de 30 anos, chegando aos atuais 10% da área do município. Neste processo, uma grande parcela de ‘áreas não-construídas’ do município foi “transferida” para a ‘zona urbana’, tornando-se disponíveis para serem loteadas e ocupadas, excetuando-se deste total as áreas de preservação permanente, ou não urbanizáveis por outros motivos, tais como áreas de interesse cultural e ambiental ou áreas de risco, como é o caso das áreas de inundação do Rio Taquari e do Arroio Saraquá.

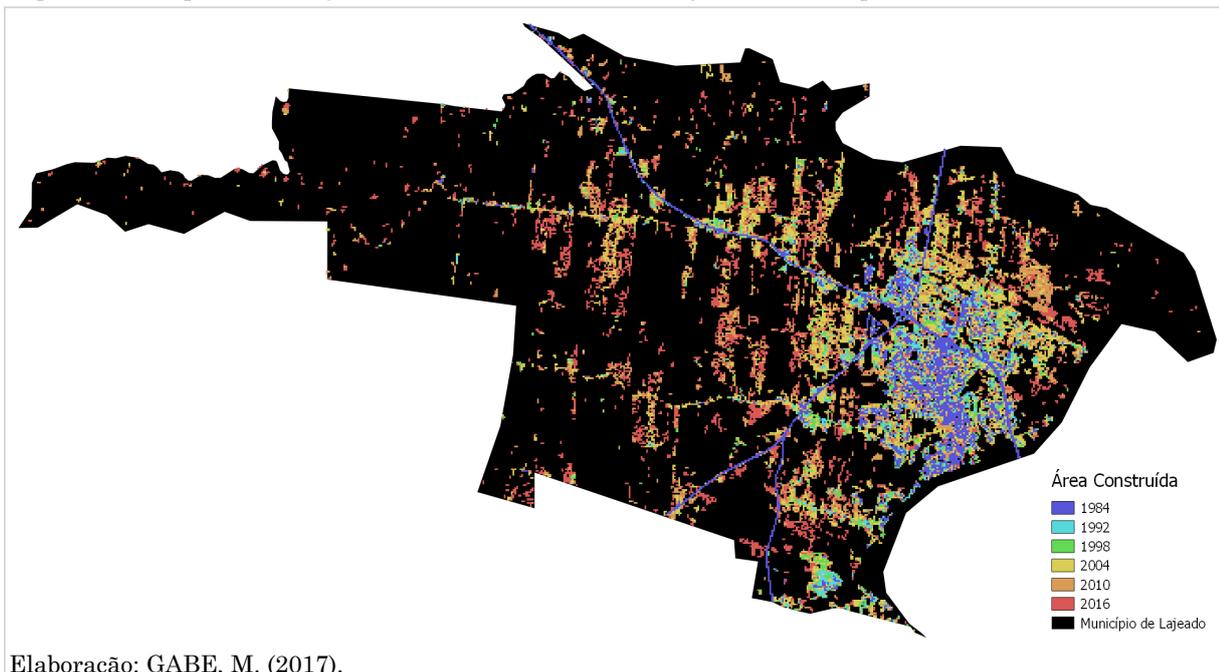
Figura 48. Gráfico de evolução da população, da área total da zona urbana e da área construída total de Lajeado / RS no período 1984 a 2016.



O último resultado a ser apresentado e explicado aqui sobre a evolução das ‘áreas construídas’ no município de Lajeado é justamente o mapa da evolução destas áreas, apresentado na Figura 49 (disponível em alta resolução no Anexo 12, pag. 204).

Este mapa contém a sobreposição de diferentes mapas de área construída, onde as cores frias representam as áreas mais antigas e as cores quentes as áreas mais recentes. Esta forma de representação permite comparar as diversas configurações da “mancha urbana” e evidencia o quão dispersa tem sido o processo de expansão urbana do município, especialmente nas últimas décadas.

Figura 49. Mapa de evolução da ‘mancha urbana’ de Lajeado / RS no período de 1984 a 2016.



A expansão urbana verificada pode ser um indicativo de que a mesma tem sido influenciada pela flexibilização do perímetro, propiciando o crescimento horizontal e de maneira dispersa. Isso aponta o próximo passo da pesquisa: buscar evidências quantitativas (estatísticas) de que se poderia definir o caso de Lajeado como um exemplo de expansão urbana dispersa. Esta análise foi realizada através de análises métricas da paisagem e cujos resultados serão apresentados na próxima sessão.

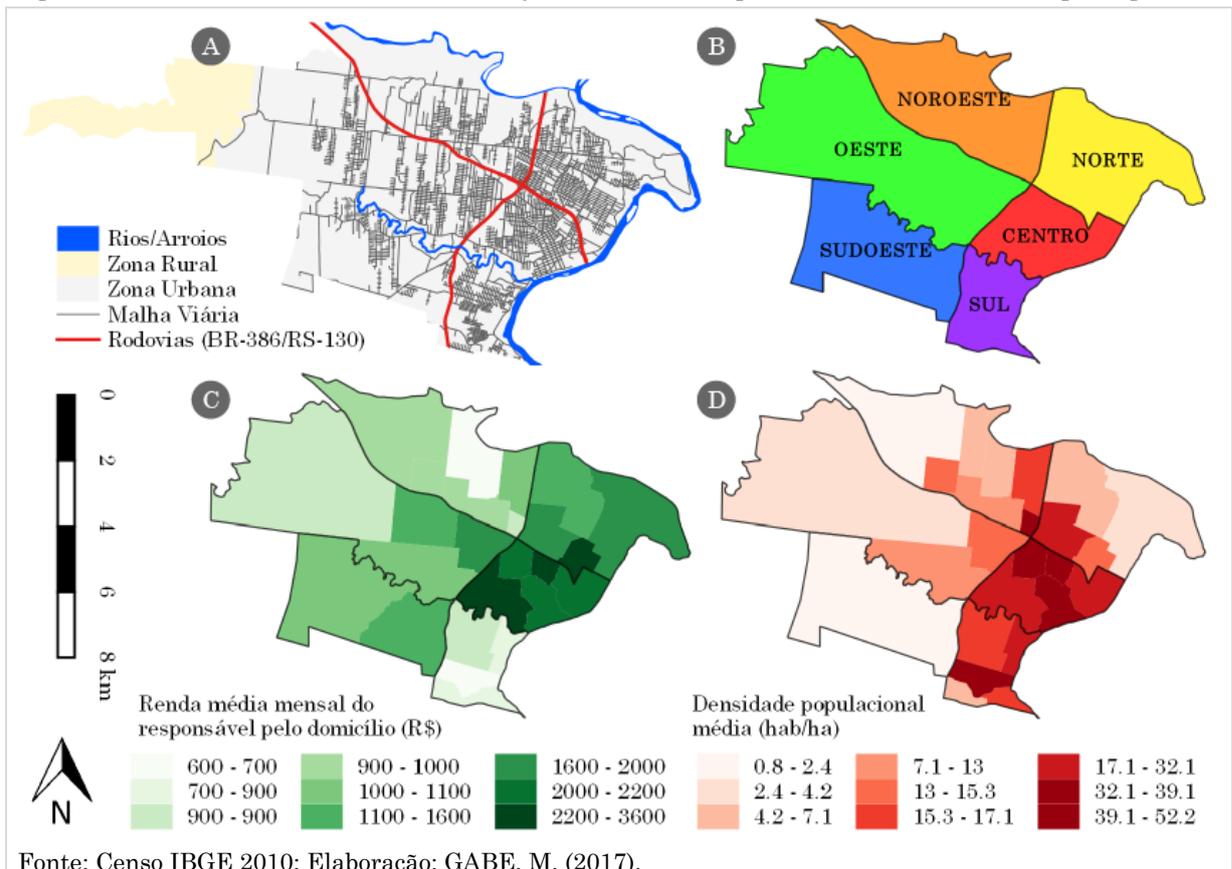
4.3.3. Caracterização da expansão urbana

Os resultados apresentados até este momento permitiram quantificar o ritmo de ampliação do perímetro urbano e do crescimento urbano, e confirmar o processo de expansão urbana em Lajeado, examinado até aqui através do aumento de área construída. O objetivo deste subcapítulo é examinar a expansão, buscando caracterizar suas dinâmicas espaço-temporais, por meio do exame de aspectos formais e configuracionais da ‘mancha urbana’, utilizando o conjunto de sete métricas da paisagem selecionados. A interpretação dos resultados obtidos foi feita

com base na hipótese de expansão urbana descrita por Dietzel et al. (2005), em que a expansão se daria através de um processo oscilatório e complementar entre difusão e coalescência, conforme vimos anteriormente.

A análise desenvolvida para Lajeado, considera, para todos as datas examinadas, apenas as ‘áreas construídas’ situadas no interior da atual zona urbana do município (em vigor desde 2006) e, em função disto, não analisa as ‘áreas construídas’ localizadas na ‘zona rural’. A zona urbana de Lajeado foi subdividida em seis setores (ver Mapa B, Figura 50) de maneira que fosse possível examinar as diferenças nos padrões de expansão urbana, em uma escala “intra-urbana”, considerando que este processo assume comportamento diferentes nas diversas áreas do município.

Figura 50. Divisão da Zona Urbana de Lajeado em setores para análises métricas da paisagem.



A definição dos setores foi feita com base na divisão territorial oficial dos bairros do município (ver Figura 3, p. 37) e os setores foram nomeados de acordo

com sua posição geográfica em relação ao centro. Os critérios para a divisão, consideraram as barreiras físicas, naturais e artificiais existentes, e que são efetivamente, restrições e condicionantes para a organização espacial de cada setor (ver mapa A da Figura 50). As rodovias estaduais e a BR-386, “dividem” Lajeado em quatro grandes setores e também favorecem o desenvolvimento urbano linear ao longo de suas extensões, estabelecendo os corredores industriais e serviços. O Arroio Saraquá, que é um importante arroio localizado mais ao sul do município e cujo percurso se dá no sentido Leste-Oeste (paralelo à BR-386), é um divisor claro entre o setor do Centro, que concentra uma população de melhores condições econômicas, do setor Sul, que é uma área caracterizado por populações de baixa renda (ver mapa C da Figura 50).

Será feita uma rápida descrição das principais características de cada setor, com objetivo de permitir a associação com os resultados obtidos. Os dados socioeconômicos apresentados nos mapas C e D, renda média mensal do responsável pelo domicílio e densidade populacional média, são informações que também auxiliam a compreensão dos resultados.

O setor Centro corresponde ao núcleo central do município, onde estão localizados o centro histórico, os principais equipamentos administrativos e a maior parcela dos estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, incluindo algumas indústrias. Esse setor concentra cerca de 32% da população do município e possui a segunda menor extensão de área entre os setores e, em função disso, desponta como o mais densamente ocupado (26 hab./ha). O setor possui dois bairros de alta renda (Americano e Moinhos, em verde escuro no mapa C da Figura 50) e também algumas áreas de baixa renda, a maior parte localizadas nas áreas sujeitas à inundações.

O setor Norte teve sua ocupação iniciada no final da década de 60, na época da construção da BR-386, sendo uma área de uso predominante residencial (concentra quase 20% da população), com áreas de alta renda, como o bairro Alto do Parque que possui a maior renda média do município (R\$ 3.595). Esse setor sofreu grande valorização na década de 90, quando houve a implementação do

Centro Universitário UNIVATES, com a implantação de uma grande área institucional, que atualmente se estende por uma área de aproximadamente 60 hectares de extensão e que estimulou muito o crescimento no entorno dessa área, especialmente através da construção de novos loteamentos residenciais. Quase um terço da área desse setor está situado abaixo da cota 27 metros e são áreas sujeitas às inundações do Rio Taquari e que possuem restrições à urbanização, utilizadas, atualmente, para fins rurais (agricultura).

O setor Noroeste, teve sua ocupação iniciada na década de 60, iniciando pelos bairros Santo André e Campestre, e expandindo para outras localidades do setor nas décadas seguintes (70 e 80). Tem usos bastante diversificados, com áreas industriais, de prestação de comércio e serviços, residencial e de uso agrícola. Concentra 15% da população do município e possui áreas de população de baixa renda, como por exemplo, o bairro Santo André que, possui a maior densidade populacional do município (46 hab./ha) e que também está entre os que possuem menor renda média mensal (R\$ 864).

O setor Oeste é o de maior extensão de área (32% da área total do município) e, possui fortes características “rurais”, pois foi somente entre 1998 e 2006, através das ampliações do perímetro urbano, que essas áreas começaram a ser ocupadas para usos urbanos. A ocupação dessa área, teve início no final da década de 70 e, foi adquirindo mais intensidade nas décadas seguintes. Concentra atualmente 15% da população do município.

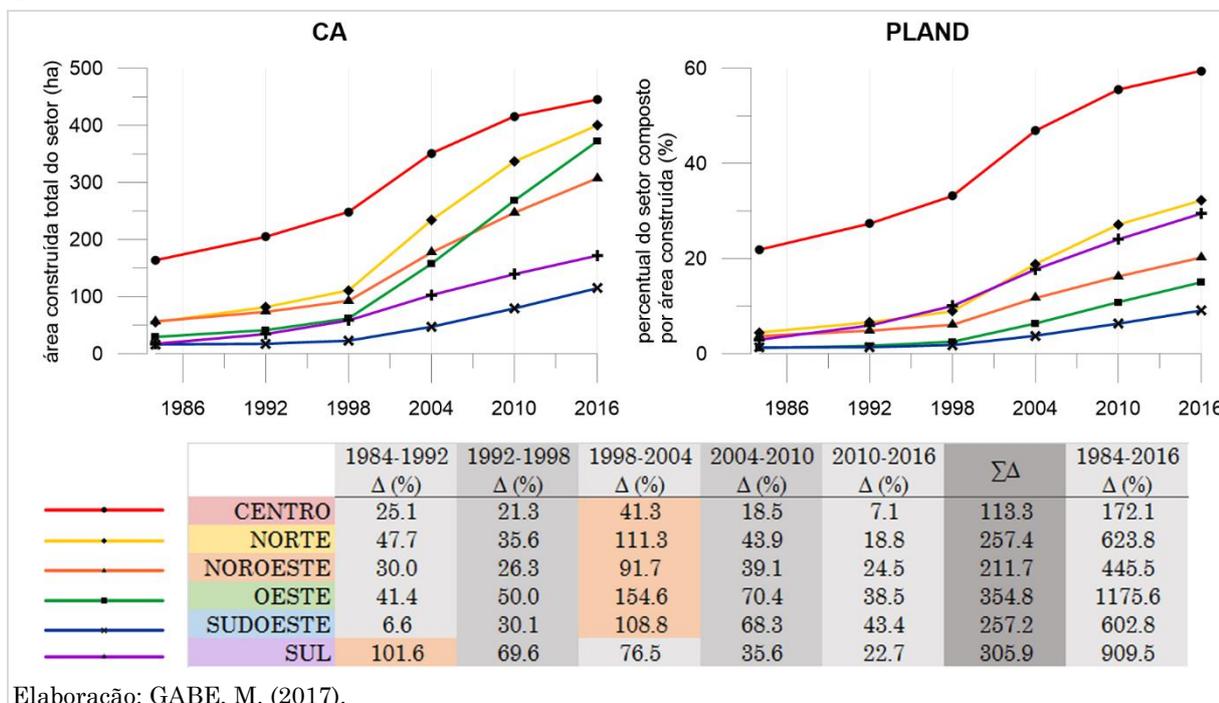
O setor Sudoeste é constituído apenas pelos bairros São Bento e Floresta, e teve sua ocupação mais tardia, na década de 90, sendo o setor com menor população total (apenas 2% do total município) e com densidade populacional média de 1.2 hab./ha. Entre os setores do município é o que ainda conserva mais características rurais.

O setor Sul, é o que possui a menor extensão de área, e teve sua ocupação iniciada na década de 70, estimulada pela proximidade de áreas industriais e também de áreas de risco. É caracterizado pela concentração de populações de baixa renda, como o bairro Santo Antônio, que possui a maior densidade

populacional entre os bairros desse setor e, a menor renda média entre todos os bairros do município (R\$ 615). O bairro Morro 25, também de baixa renda, é o que mais possui ocupações irregulares em área com risco de inundações e erosões.

O conjunto de métricas foi calculado para cada um dos setores apresentados e, também, para a zona urbana (todos os setores), originando sete conjuntos multi-temporais de medidas. Os resultados foram representados através de gráficos de linhas (que corresponde à “assinatura métrica temporal”, conforme explicado na Metodologia), e que permitem a análise do comportamento das métricas (variações positivas ou negativas) ao longo do período considerado. Embora a análise da expansão urbana através das métricas deva ser feita com a interpretação dos resultados em conjunto, para facilitar a exposição e o entendimento dos resultados, os gráficos serão apresentados de dois em dois (o painel contendo todos os gráficos, para fins de comparação, está disponível no Anexo 15). As cores utilizadas nos gráficos correspondem àquelas indicadas no mapa da Figura 50 acima.

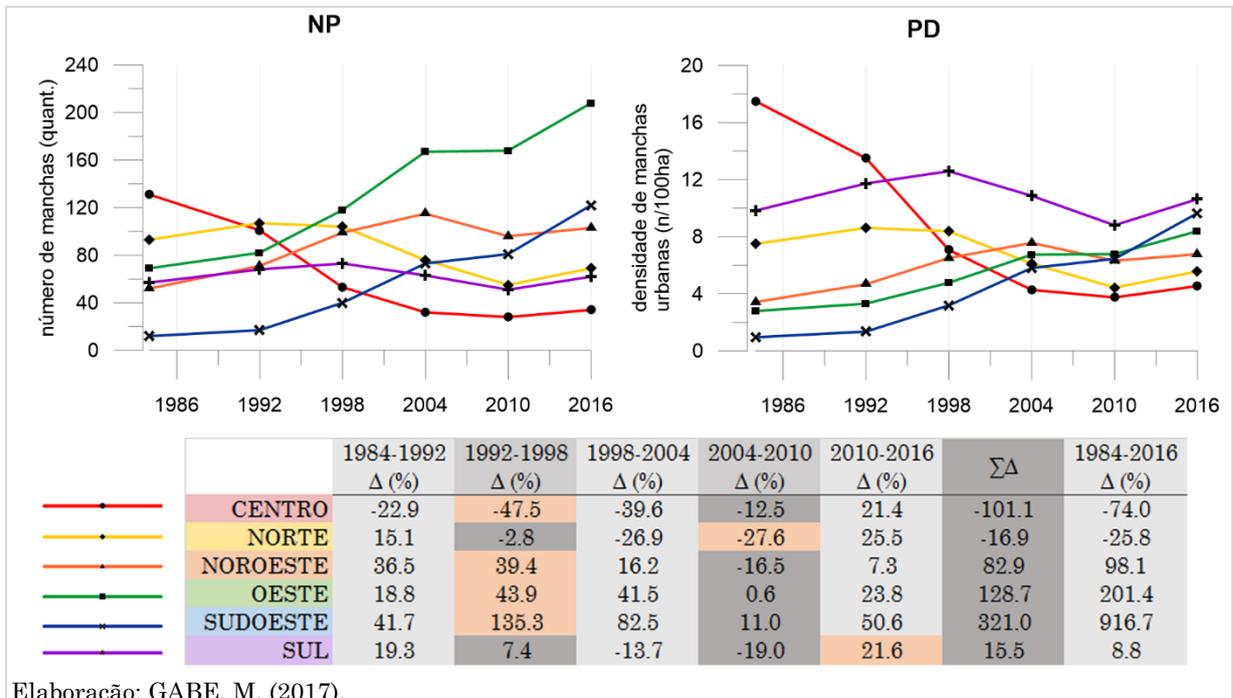
Figura 51. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas CA e PLAND para os setores de Lajeado / RS.



Elaboração: GABE, M. (2017).

Os resultados obtidos através das métricas ‘CA’ e ‘PLAND’ (Figura 51, acima) revelam acréscimo de ‘área construída’ em todos os setores e para todos as datas analisadas. O setor Centro (linha vermelha no gráfico) se destaca por apresentar os maiores valores para ‘CA’ e ‘PLAND’ para toda a série, variando de 164 hectares de área construída (21,85% do setor), em 1984, para 445 hectares (21,85%), em 2016 – crescimento de 2,7 vezes, no intervalo de 32 anos. Nesse mesmo período, com crescimento de 7 vezes, está o setor Norte, que aumentou de 55 para 400 hectares de área construída. O setor Oeste, em função de sua grande extensão de área, não aparenta ser muito significativo no gráfico da medida ‘PLAND’, mas foi o setor que teve a maior variação de área construída no período analisando, que foi acrescida em 13 vezes (variando de 29 para 372 hectares). Outro aspecto importante que pode ser observado através dos resultados obtidos para essas duas medidas é que, com exceção do setor Sul, todos os setores apresentaram maior variação nos valores no período entre 1998 e 2004, após o período da flexibilização do perímetro e em concordância com os outros resultados expostos anteriormente nas análises da expansão, que consideraram todo o município.

Figura 52. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas NP e PD para os setores de Lajeado / RS.



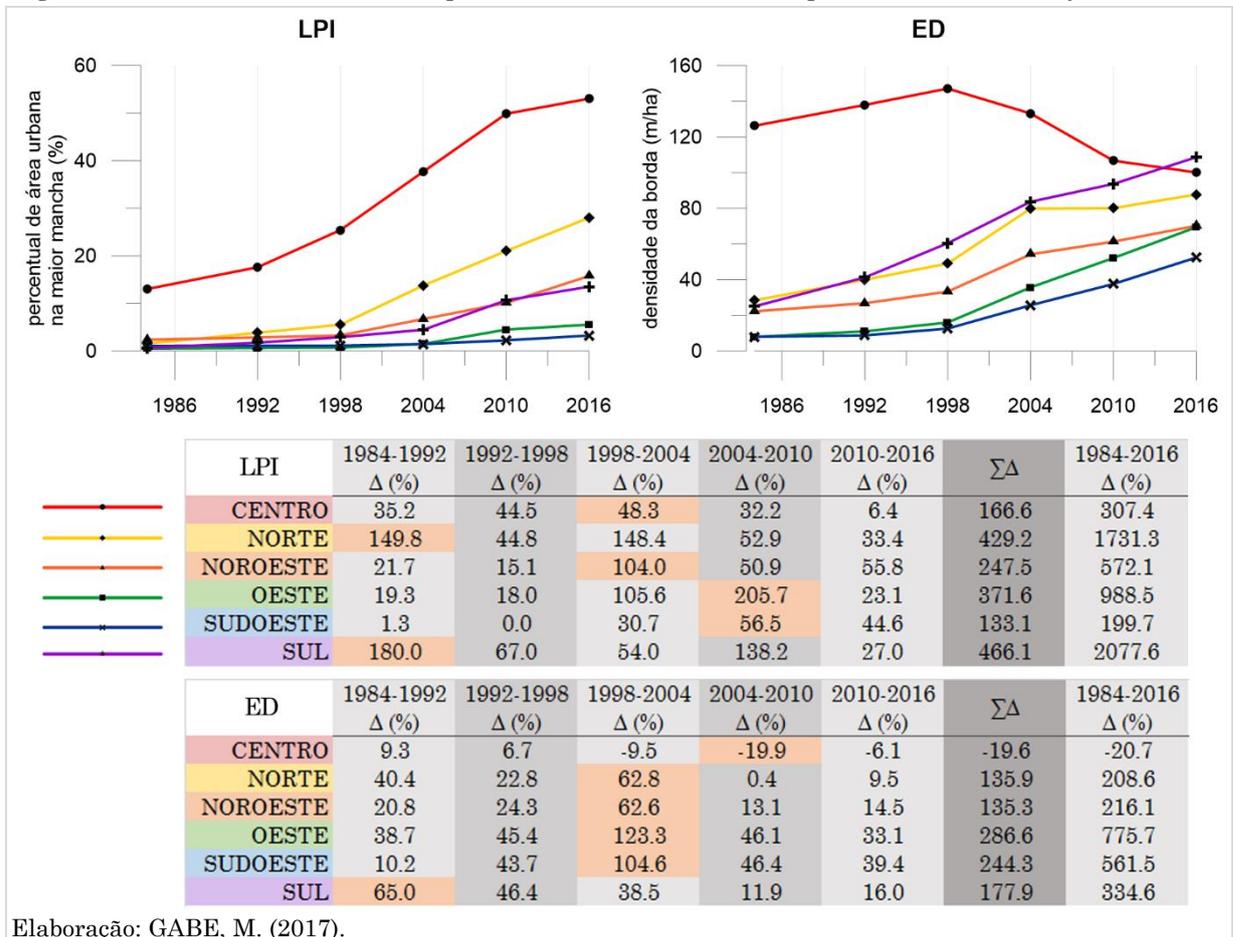
Conforme já foi visto, as métricas ‘NP’ e ‘PD’, cujos resultados são apresentados na Figura 52, são eficientes na caracterização do processo de expansão, especialmente pela capacidade de quantificar atributos relativos aos processos espaciais de difusão e coalescência. Os setores Oeste e Sudoeste, áreas que ainda conservam muito de suas características rurais, apresentam aumento constante da quantidade e densidade de manchas ao longo de toda série, demonstrando que houve um processo de difusão mais intenso nesses setores e confirmando os resultados apresentados na análise do Painel B. No setor Oeste, que possuía 69 manchas de área construída em 1984, o valor triplicou, chegando a 208 manchas em 2016. No mesmo período o setor Sudoeste, variou de 12 manchas para 122 (um aumento de 10 vezes).

Os setores Norte, Noroeste e Sul, apresentam comportamento similar, alternaram entre períodos de difusão e coalescência. O Centro é o único setor que apresentou somente diminuição do número de manchas no período analisado, redução de quase 4 vezes (de 131 para 34 manchas) o que é interpretado como indicativo para o processo de compactação. Os setores Oeste, Noroeste e Sudoeste apresentam comportamento similar, indicando aumento nos valores observados no período de análise, enquanto os setores Norte e Centro apresentaram o comportamento oposto, com redução da densidade de manchas. O setor Sul é o que tem atualmente o maior valor de densidade de manchas, valor que se manteve relativamente estável desde 1984.

A métrica ‘LPI’ (Figura 53, abaixo) estabelece a proporção de área construída contida na maior mancha existente no setor, permitindo detectar o crescimento orgânico deste ‘núcleo urbano’ (que ocorre por ‘preenchimento de vazios’ ou ‘extensão de bordas’). Os resultados obtidos demonstram que, no início da série, em 1984, apenas o setor Centro possuía uma mancha de ‘área construída’ com dimensão significativa. Como era de se esperar, este núcleo do Centro continuou se expandindo e permanece como a maior mancha existente no município atualmente, seguido pelos setores Norte, Noroeste e Sul.

Os resultados para a métrica ‘ED’ (Figura 53, abaixo) evidenciam que houve aumento constante na ‘densidade de bordas’, para todos os setores e em todos os períodos, com exceção do setor Centro, que está diminuindo desde o ano de 1998. Variações positivas no valor dessa medida apontam para o processo de difusão espacial. Isto significa, que com exceção do Centro, todos os setores estão, de maneira geral, apresentando o surgimento de manchas isoladas, que possuem menores dimensões (área) e, provavelmente, com perímetros mais irregulares. O setor Centro, apresenta comportamento oposto, indicativo de que está se tornando mais compacto, principalmente após 1998.

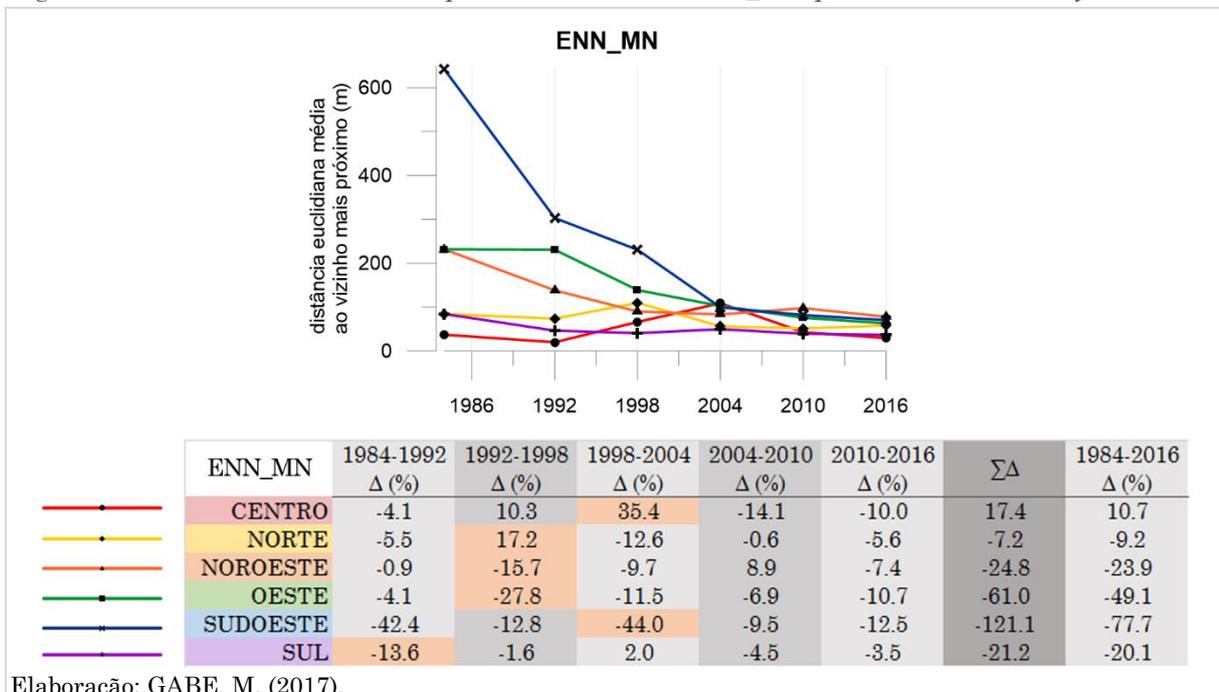
Figura 53. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas LPI e ED para os setores de Lajeado / RS.



A última medida que será apresentada aqui, ‘ENN_MN’ (*euclidian nearest neighbor distance*), permite examinar a configuração e distribuição espacial das manchas, pois indica o valor médio da distância euclidiana entre pares “vizinhos”

de manchas de ‘área construída’. É possível verificar que, de maneira geral, esse indicador apresentou diminuição para todos os setores, ao longo do período analisado. Isso aponta para duas possibilidades: o aparecimento de novas manchas de áreas construídas nos espaços vazios entre manchas já existentes ou, para um processo espacial de coalescência que, por “agrupamento”, reduz o número de manchas. Portanto, a interpretação desse indicador deve ser realizada em conjunto com a medida NP e especificamente para cada setor. No primeiro período do gráfico, ano de 1984, é possível verificar que o setor que possui o maior valor para a métrica ‘ENN_MN’ é o setor Sudoeste (com afastamento médio de 640 metros entre as manchas), que vimos que possui características rurais marcantes. Os setores Oeste e Noroeste aparecem em seguida, com valor aproximado de 240m. O valor para a métrica diminui consideravelmente para esses três setores até o último período, concomitantemente, o valor de ‘NP’ (‘número de manchas’, Figura 52, p. 163) aumenta significativamente e de maneira constante. Isso aponta, no caso desses setores, para a primeira possibilidade descrita anteriormente, que seria o “aparecimento de novas manchas nos espaços vazios entre já existentes”.

Figura 54. ‘Assinatura métrica temporal’ das medidas ENN_MN para os setores de Lajeado / RS.



Elaboração: GABE, M. (2017).

Em função da complexidade requerida para a interpretação simultânea da evolução de várias métricas da paisagem, foi desenvolvida a Tabela 18, para facilitar a interpretação e que apresenta uma avaliação resumida dos resultados obtidos para todos os setores do município. Esta tabela caracteriza somente o processo de difusão espacial em cada setor, utilizando como referência, uma escala qualitativa para descrever a intensidade do processo de difusão espacial em cada período (variando de ‘muito baixo’ a ‘muito alto’). Sua interpretação é subjetiva, pois, reflete a opinião pessoal do autor, ainda que seja baseada no conjunto de resultados apresentados até aqui.

Tabela 18. Caracterização do processo de difusão espacial (expansão urbana dispersa) para os setores de Lajeado no período entre 1998 e 2016.

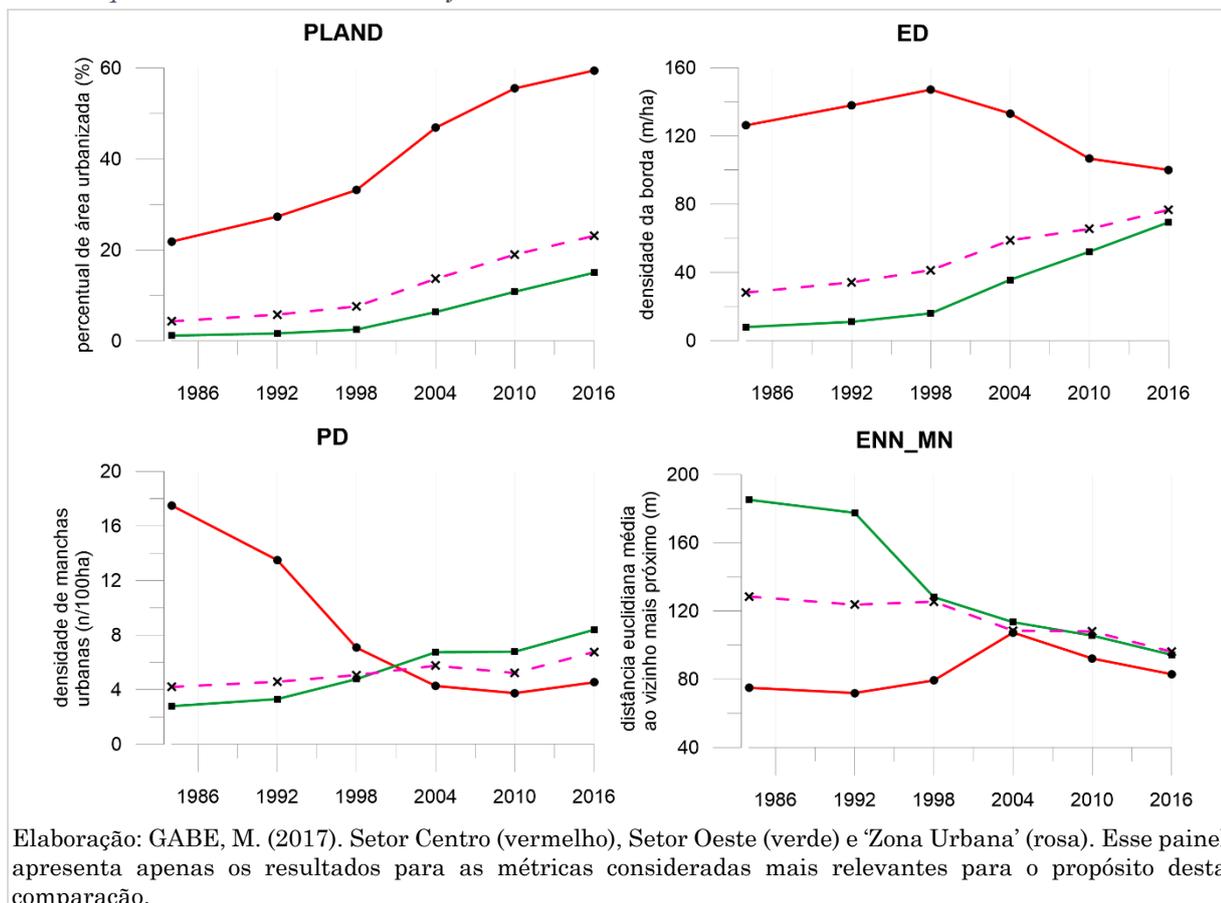
	CENTRO	NORTE	NOROESTE	OESTE	SUDOESTE	SUL
1984/1992	baixo	muito baixo	alto	alto	médio	muito baixo
1992/1998	muito baixo	médio	alto	muito alto	muito alto	alto
1998/2004	médio	alto	alto	muito alto	muito alto	muito alto
2004/2010	baixo	médio	médio	baixo	alto	muito baixo
2010/2016	baixo	baixo	muito baixo	alto	médio	médio

Nessa tabela é possível verificar que os setores Oeste e Sudoeste foram os que mais apresentaram características para esse processo (de expansão urbana dispersa), enquanto o setor Centro foi o que menos apresentou, um indicativo para o processo significativo de coalescência. Os setores Norte, Sul e Noroeste apresentam comportamento que varia bastante ao longo da série avaliada, intercalando entre períodos de alta e baixa difusão.

O mesmo conjunto de métricas e procedimentos de análises que foram utilizados para examinar o processo de expansão urbana em cada setor de Lajeado, foi reproduzido para a ‘Zona Urbana’ do município (todos os setores) e os resultados estão apresentados no Painel D (Figura 55). Neste painel, também foram incluídos dois setores considerados representativos nessa análise, o setor Centro (linha na cor vermelha) e o setor Oeste (linha na cor verde), que apresentam padrões de “assinatura métrica temporal” bastante distintos, quase “opostos”. O objetivo aqui é demonstrar, por comparação, as características da expansão considerando a

situação da ‘Zona Urbana’ inteira, e tendo por referência o setor Centro, que possui fortes características urbanas e, o setor Oeste, que apresenta aspectos rurais mais marcantes.

Figura 55. Painel D: Assinatura métrica temporal’ das métricas analisadas para os setores Centro, Oeste e para a ‘Zona Urbana’ de Lajeado / RS.



Observando as ‘assinaturas métricas espectrais’ das medidas ‘ED’, ‘PD’ e ‘ENN_MN’ para os setores Centro e Oeste, é possível visualizar que os valores dessas medidas assumem comportamento quase opostos: enquanto um está aumentando, o outro está diminuindo. Na comparação das assinaturas métricas desses setores, cujas características já conhecemos, com o comportamento das assinaturas para a ‘Zona Urbana’ do município, é possível constatar, que estas se assemelham mais com o setor Oeste. Em função disto, é possível afirmar, que considerando a ‘Zona Urbana’ de Lajeado, em sua “totalidade”, apresenta

características de expansão urbana dispersa, predominando processos de difusão espacial.

5. CONCLUSÕES

Nesse capítulo são retomadas as três questões principais que orientaram o desenvolvimento da pesquisa e que estão associadas às principais linhas de investigação desenvolvidas. A primeira questão está associada às ‘origens’ da flexibilização do perímetro urbano em Lajeado e teve por objetivo identificar os **fatores que podem ser associados à flexibilização do perímetro urbano** na década de 90, quando houveram ampliações significativas na extensão da zona urbana do município. Dentre os possíveis fatores que poderiam estar associados (políticos, econômicos, administrativos, etc.) a pesquisa deu ênfase aos aspectos relacionados à legislação e ao crescimento urbano⁵³.

As análises focadas no crescimento urbano de Lajeado, cujos resultados foram apresentados no Capítulo 4, tiveram por objetivo verificar as alterações nas condições socioeconômicas do município ao longo do período analisado, associando com as práticas de flexibilização e a expansão urbana. Considerando os aspectos analisados, não há dúvidas de que Lajeado apresentou uma taxa de crescimento urbano significativo no período abrangido pela pesquisa. No entanto, é preciso ressaltar que a ‘cidade’ de Lajeado, o núcleo urbano central e mais antigo, está em processo de crescimento contínuo desde o início de sua formação, conforme é descrito pelos estudos existentes sobre a evolução urbana do município desenvolvidos por Müller (1974) e Selhorst et al. (2000). Esta consideração é

⁵³ Os aspectos políticos e econômicos não foram desconsiderados, pois, estas dimensões estão sempre envolvidas nas questões sociais, em maior ou menor grau (MORIN, 1986, p.70).

relevante pois não é possível concluir algo sobre o crescimento urbano recente do município (e, posteriormente, sobre a expansão urbana) sem considerar a influência exercida pelas transformações ocorridas nas ‘funções urbanas’, especialmente durante o 4º período histórico (décadas de 40 a 70) no crescimento e na organização espacial do município.

O 4º período histórico, que foi marcado pelo início da produção industrial e pela implementação da rodovia federal, também foi caracterizado pelo crescimento populacional em um ritmo mais intenso, de maneira que o crescimento físico (a expansão urbana) se torna mais evidente. Nos períodos seguintes, essa tendência de crescimento continua, o que é evidenciado pelo aumento da população urbana de Lajeado, que cresceu de aproximadamente 18 mil, em 1970, para quase 79 mil, em 2016: um aumento de mais de 300% em 46 anos.

Essa breve consideração tem o objetivo de ressaltar a importância da construção da rodovia e do processo de industrialização para o crescimento urbano do município naquele período, com repercussões que continuam sendo percebidas até hoje. Esses aspectos tiveram influência sobre o traçado do perímetro urbano e os vetores de urbanização do município, que foram “reorientados” em função da rodovia, conforme descreve Müller (1974, p. 124): “mesmo antes de concluída a implantação da rodovia, já se verifica uma reorientação da cidade [...] o ‘movimento’ vai se acentuando”.

Em relação ao crescimento urbano recente de Lajeado, uma das questões trabalhadas pela pesquisa foi identificar se as ampliações do perímetro urbano na década de 90 poderiam ser justificadas apenas em função do crescimento populacional e econômico e da subsequente demanda por espaço associada a esses processos. A ênfase aqui foi dada aos resultados obtidos para a década de 90, quando a pesquisa identificou as maiores ampliações do perímetro urbano na história do município, incluindo a alteração de 1998, que quase dobrou o tamanho da zona urbana (Figura 39, p. 138).

A respeito do ‘tamanho demográfico’ de Lajeado, sua população apresentou um crescimento maior entre 1992 e 1998, quando houve um aumento de 22%, o

dobro do valor que foi verificado para os demais períodos (Figura 40, p.141). Em relação ao ‘desenvolvimento socioeconômico’, considerando os dados obtidos para o período entre 1998 e 2004 (inexistem dados para a década de 90), é possível verificar o crescimento significativo dos indicadores ‘PIB’, ‘número de domicílios’ e ‘veículos particulares’. O crescimento populacional e as melhorias socioeconômicas influenciam as demandas por novos locais de moradia, infraestrutura e serviços urbanos em geral e possuem potencial para atrair novas empresas e investimentos que, por sua vez, produzem demanda por espaços urbanos, em um ciclo de crescimento e de desenvolvimento potencial. É possível que o crescimento urbano de Lajeado, considerando as “dimensões” aqui analisadas, tenha sido um dos fatores que influenciou a decisão de ampliação do perímetro urbano na década de 90, ainda que esse fator não justifique a intensidade com que o perímetro foi expandido.

Outro fator relacionado à flexibilização do perímetro urbano é a legislação urbana responsável por definir e normatizar os instrumentos de planejamento e ordenamento territorial dos municípios brasileiros. Conforme vimos, existe no conteúdo da legislação urbana um largo espectro de indefinições ou omissões que abrem espaço para a exploração do solo por aqueles que detém o poder político e econômico. Isto está relacionado com a maneira como a legislação urbana brasileira se estruturou, gradativamente e em momentos políticos/econômicos distintos. Há indicativos que apontam tanto para o desinteresse por uma legislação eficiente, como para interesses que se sobrepõem aos interesses da cidade sustentável e funcional. Dentre estes indicativos, podemos citar o fato de existirem leis desatualizadas para a realidade urbana do século XXI e ainda vigentes (como é o caso do Decreto-Lei 311, de 1938), assim como o jogo político que torna ineficaz o estabelecimento de critérios e métodos adequados para definir as áreas urbanas e rurais, ou a demora para promulgar leis mais significativas e eficientes do ponto de vista da construção e do desenvolvimento das cidades, como é o caso do Estatuto da Cidade.

A influência dos mercados imobiliários e fundiários sobre o poder público municipal e o planejamento também pode estar entre os fatores que levaram às alterações do perímetro urbano em Lajeado. Esses mercados tendem a se beneficiar do rápido crescimento populacional e econômico, inclusive através de práticas clientelistas, onde interesses públicos e privados se confundem. A maior ampliação da zona urbana do município, em 1998, não foi acompanhada pela revisão do Plano Diretor e os motivos que levaram à ampliação não foram identificados por essa pesquisa.

Outro fator que merece consideração foi a emancipação de cinco municípios na década de 90, que correspondiam às áreas rurais mais produtivas do município de Lajeado na época: Sérico e Santa Clara do Sul em 1993; Marques de Souza em 1997; Canudos do Vale e Forquetinha em 2001. Essas emancipações ocorreram após a promulgação do Plano Diretor do município de 1992, que só seria atualizado em 2006, 14 anos depois. É possível que quando foi definida a delimitação das zonas urbanas, em 1992 e 1998, o município ainda possuísse extensões significativas de área rural, e a perda dessas áreas foi algo imprevisto, realizado aleatoriamente a partir de determinações políticas que desconsideraram outros aspectos, tais como, a produção rural e o significado disso para os municípios e a região.

A segunda questão trabalhada pela pesquisa está relacionada a um dos objetivos principais do trabalho, que foi de buscar evidências sobre a **relação entre a flexibilização do perímetro urbano e a expansão urbana**. Segundo a hipótese deste trabalho, ampliações exageradas da ‘zona urbana’, através da flexibilização do perímetro urbano, favorecem a expansão urbana de maneira não contígua e espacialmente dispersa. Isso ocorre em função da possibilidade de urbanização de áreas periféricas, cujo preço da terra, inicialmente mais barato, favorece a ocupação dessas áreas.

Para testar essa hipótese, analisamos a evolução da expansão urbana através de mapas da ‘mancha urbana’ para diversos datas, examinando as variações entre cada período com o objetivo de estabelecer a intensidade com que ocorreu o aumento de ‘áreas construídas’, sem considerar, no entanto, as

características espaciais desta expansão (no sentido de ser, ou não, espacialmente dispersa).

O conjunto de evidências estatísticas, apresentado no decorrer do Capítulo 4, permitiu demonstrar que as ‘áreas construídas’ do município cresceram mais rapidamente (maior variação entre períodos) após o período de ampliação significativa do perímetro urbano em 1998. Isto significa que a expansão urbana foi mais intensa nesse período, conforme é os resultados apresentados no Painel A2 (Figura 44, p.152), onde é possível constatar que as maiores taxas de crescimento de ‘área construída’ ocorreram após essa data. Somente entre 1998 e 2016, o valor total de ‘área construída’ no município dobrou, aumentando de 9.4 para 20.3 km² (+116%). De maneira complementar, os resultados obtidos para os setores do município (analisados com auxílio de ‘métricas da paisagem’), também demonstram um ritmo de crescimento maior no período após 1998, conforme as análises e interpretações do comportamento das variáveis CA e PLAND (Figura 51, p.162).

Com base nos resultados obtidos é possível inferir que a flexibilização do perímetro urbano repercute sobre a expansão urbana podendo, inclusive, intensificar esse processo. Levando em conta o que foi investigado e apresentado no decorrer desse trabalho, não é possível afirmar que a flexibilização do perímetro foi o único fator responsável por intensificar o processo de expansão. No entanto, foram significativas as associações encontradas entre o processo de ampliação exagerada do perímetro urbano de Lajeado e a expansão dispersa registrada posteriormente.

A terceira questão levantada pela pesquisa focou no processo de expansão urbana em si, examinando as **características espaciais da expansão urbana de Lajeado**, com o objetivo de identificar se o município (e os setores analisados) tem se expandido de maneira espacialmente dispersa, predominando os processos de difusão (dispersão, isolamento) sobre os processos de coalescência (agrupamento, compactação). Esse objetivo foi atingido com o auxílio de ‘métricas da paisagem’, calculadas e analisadas para os diferentes setores do município.

No período entre 1992 e 1998, foi possível identificar um aumento significativo na densidade e no número de manchas de ‘área construída’ (métricas ‘PD’ e ‘NP’, Figura 52, p. 163), comportamento que pode ser interpretado como um forte indicativo de expansão urbana dispersa. Os resultados obtidos para as medidas de ‘densidade de bordas’ (métrica ‘ED’, Figura 53, p. 165) para o período entre 1998 e 2004, indicam que houve um grande aumento nos valores dessa métrica para todos os setores (com exceção do ‘Centro’ e do ‘Sul’), com variações que correspondem à mais do dobro do que foi verificado para os outros períodos analisados. Isto significa que, nesse intervalo de tempo, surgiram muitas novas manchas de ‘áreas construídas’, isoladas e de menores dimensões, o que também pode ser interpretado como indicativo expressivo para a expansão dispersa.

A evolução da ‘mancha urbana’ e da ‘cobertura do solo’ de Lajeado, apresentada através do conjunto de mapas do Painel ‘A1’ (p. 147) e do Painel ‘C’ (p. 153), permitiram a avaliação do processo de expansão do município como um todo. É complexo definir de maneira objetiva quando a expansão de um município pode ser considerada um caso de “espalhamento urbano”, no sentido de apresentar características evidentes e marcantes de expansão dispersa, entretanto, no caso de Lajeado, é visível que sua expansão urbana recente apresentou essas características de expansão dispersa.

As repercussões da expansão urbana dispersa, de caráter positivo ou negativo, devem ser examinadas na sua relação com a sustentabilidade do município, isto é, precisam levar em conta a qualidade de vida da população e as condições ambientais a longo prazo, não focando somente nos aspectos relacionados aos ganhos econômicos imediatos. É por isso que os problemas referentes à forma urbana dispersa, no que se refere à cidade “esparramada em todas as direções”, vão muito além de aspectos puramente ideológicos ou de modelos ideais de cidade (ex.: ‘cidade compacta’ e ‘cidade sustentável’). Nesse sentido, é preciso considerar que os distintos arranjos espaciais possíveis para uma cidade, dados pela configuração da malha viária, pela localização das áreas residenciais e de serviços/equipamentos urbanos e pela extensão das redes de infraestrutura,

traduzem-se em diferentes valores de eficiência (energética, econômica, ambiental, social, etc.) e, cujos efeitos se farão sentir na qualidade de vida da população.

Se o planejamento urbano do município não controla e ordena o processo de expansão urbana, permitindo que novos empreendimentos sejam implantados de maneira não contígua e dispersa, futuramente, o poder público precisará corrigir os diferentes vetores da urbanização (estendendo, por exemplo, as redes de serviços e a infraestrutura urbana). Isso pode implicar em grande dificuldade de prever os custos desse crescimento ou planejar onde deverão ser aplicados os recursos disponíveis e quem será beneficiado nesse processo. Nesse sentido, se existem muitos vetores de urbanização distintos, o orçamento público para obras urbanas será alocado de maneira dispersa, o que possivelmente inviabilizará a execução de obras públicas e projetos urbanos de qualidade e importantes para os moradores.

Lajeado é um município que possui grande potencial no que diz respeito ao seu desenvolvimento socioeconômico futuro, assim como também tem potencial significativo para influenciar a política e a economia da região. É preciso, porém, rever as diretrizes e os planos que definem o atual padrão de expansão urbana do município e incorporar, de maneira sistematizada: as demandas ecológicas (no âmbito da sustentabilidade); a organização da produção rural do município (no âmbito da segurança alimentar); a atenção à qualidade de vida da população, no futuro. A presente pesquisa entende que para isso será necessário a elaboração de estudos e diagnósticos mais abrangentes e sistêmicos, além da incorporação de normas mais rígidas em relação às possibilidades de expansão urbana no município, questão que se colocam tanto no âmbito do planejamento urbano como das formas de gestão municipal.

5.1 | Sobre a relação ‘urbano-rural’

Durante o desenvolvimento da pesquisa, os questionamentos sobre a relação ‘urbano-rural’ foram de grande relevância e conforme vimos no Capítulo 2, não é simplória a tarefa de tentar estabelecer “limites” para as ‘zonas rurais’ e

‘zonas urbanas’ utilizando critérios específicos e objetivos. Tomando como exemplo o caso do território brasileiro, de grande extensão física e composto por regiões com níveis de desenvolvimento desiguais e diferenças socioculturais expressivas, é de se esperar que as diferenças se manifestem também nas formas de organização social e espacial dos assentamentos humanos, resultando na variedade de tipos de assentamentos existentes. Em função disso, qualquer tentativa de classificação de áreas ‘urbanas’ e ‘rurais’ deve considerar, primeiramente, se há coerência na utilização dessa visão estritamente dualística e, especialmente, a partir de uma abordagem tão simplificadora como o ‘perímetro urbano’.

Se o entendimento sobre essa questão é de que o perímetro urbano é um instrumento válido para o planejamento dos municípios, então é preciso estabelecer critérios oficiais mais claros para definir as zonas ‘urbanas’ e ‘rurais’, através da utilização de normas claras e objetivas, de maneira a evitar as “distorções territoriais” verificadas atualmente. Se o entendimento é de que o perímetro urbano não é um instrumento válido no contexto atual, é preciso refletir sobre quais seriam as maneiras viáveis e eficientes para se buscar o ordenamento territorial dos municípios.

A presente pesquisa não teve por objetivo definir quais seriam as áreas de Lajeado que poderiam ser efetivamente classificadas como ‘rurais’ ou ‘urbanas’, ou seja, não teve a pretensão de sugerir qual seria o perímetro urbano mais adequado para o município. No entanto, a pesquisa procurou discutir a relação ‘urbano-rural’ abordando questões que deveriam ser consideradas na classificação destes espaços, dando ênfase para o conceito de ‘assentamento humano’, que foi entendido pela pesquisa como um conceito amplo e a partir do qual é possível buscar um entendimento mais adequado sobre estes espaços.

Para estabelecer o que é ‘urbano’ e ‘rural’ é preciso olhar para além do território do município e adotar uma abordagem sistêmica, que foque na compreensão das “redes de assentamentos humanos” (urbanos, rurais, industriais, etc.) e considerando a complexidade das interações entre a variedade de assentamentos humanos existentes, que envolvem, simultaneamente, relações de

complementariedade e antagonismo, de cooperação e competição. Uma abordagem possível e que já vem sendo utilizada por alguns municípios brasileiros, consiste na implementação de áreas de transição entre zonas predominantemente ‘urbanas’ e zonas predominantemente ‘rurais’, estabelecendo áreas que sejam dotadas de regime de ocupação diferenciado e especificamente planejadas para lidar com os problemas típicos de uma área de transição, como por exemplo, a variação do preço da terra e a dimensão adequada dos lotes.

Em termos “práticos”, a decisão de uma área ser classificada oficialmente como ‘urbana’ ou ‘rural’ tem forte relação com as políticas públicas que incidem sobre cada ‘zona’ e na maneira como estas políticas afetam a população que ali reside. Em função disso, é de grande relevância a participação da população em discussões e decisões que podem resultar em mudanças no perímetro urbano. Este é um aspecto crítico na questão da flexibilização do perímetro urbano, considerando que grande parcela da população desconhece os instrumentos de planejamento urbano e de participação popular e, que uma lei como a do perímetro urbano pode ser elaborada e aprovada, sem sequer chegar ao conhecimento da população em geral, que poderá ficar sob a determinação da lei e mudar de “condição” (rural/urbano) em suas residências, sem saber das razões para tal.

5.2| Sobre a metodologia da pesquisa

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, houve a necessidade de realizar uma avaliação com características mais técnicas e, para isso, as ferramentas de ‘tecnologia da informação’ utilizadas foram de muita validade na produção de resultados que vieram a validar a teoria, a hipótese e a organização descritiva e analítica buscada. A pesquisa recorreu à diversos métodos analíticos, especialmente métodos voltados para o ‘estudo da evolução’ de variáveis no tempo e no espaço, e demonstraram ser bastante eficientes para o desenvolvimento de investigações focadas nos processos de crescimento e expansão urbana.

Especificamente em relação à ‘metodologia de análise da expansão urbana’ (apresentada no Capítulo 3), seu desenvolvimento não se configurava nos objetivos iniciais desta pesquisa e sua elaboração, no decorrer deste trabalho, resultou da necessidade de quantificar a expansão urbana em Lajeado de maneira associada à flexibilização do perímetro urbano. Esta metodologia de análise não foi efetivamente estruturada segundo os passos e as técnicas específicas para o desenvolvimento de uma ‘metodologia científica’. No entanto, os passos realizados pela pesquisa em sua produção geraram um conjunto de “passos metodológicos” passíveis de serem replicados para outros municípios, e, nesse sentido, é um produto deste trabalho.

Um critério bastante visado durante a estruturação da metodologia de análise da expansão, foi garantir e facilitar a sua reprodução para utilização em estudos de outros pesquisadores e para outros municípios ou regiões, razão pela qual a metodologia apresentada neste trabalho mencionou apenas dados (imagens de sensoriamento remoto) e ferramentas computacionais (*softwares* e *plugins*) que estão disponíveis abertamente e de forma gratuita.

Em relação aos aspectos mais técnicos envolvidos na metodologia, seria interessante para o desenvolvimento de futuros trabalhos, que sejam testados métodos diferentes de classificação de imagens de sensoriamento remoto, especialmente com ênfase na identificação de ‘áreas construídas’. Aqui, merece destaque a ‘classificação orientada a objetos’ (*object-oriented classification*) utilizando imagens de sensoriamento de alta resolução, um método que pode reduzir a confusão entre classes (ruído), problema verificado com os métodos aplicados neste trabalho. Além disso, novas tecnologias de sensoriamento remoto e bancos de dados de informações geográficas, já em desenvolvimento⁵⁴, podem ajudar na realização de análises que “registrem” a expansão urbana em escalas

⁵⁴ Ferramentas como o “Global Urban Footprint” e o “TimeScan Landsat” (disponíveis gratuitamente através do endereço <https://urban-tep.eo.esa.int/geobrowser>) que oferecem um conjunto de dados sobre todas as áreas construídas dos assentamentos humanos do planeta e o banco de dados “PUMA – World Bank Group” (disponível gratuitamente através do endereço <https://puma.worldbank.org/tool/>), que fornece informações estatísticas e espaciais obtidas através de imagens Landsat.

maiores (regiões, abrangendo diversos municípios) e com atualização das informações em intervalos temporais mais curtos (mensais, anuais).

5.3| Recomendações para futuros trabalhos

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram identificadas algumas possibilidades para a continuidade das investigações iniciadas com esse trabalho e também, para o desenvolvimento de novas pesquisas por outros pesquisadores.

Este trabalho manteve seu foco nas ‘áreas construídas’ e na problemática urbana, ainda que tenha procurado desenvolver uma abordagem mais integrada, que contemplasse a relação urbano-rural no seu sentido ecológico. Os conjuntos de mapas temáticos de cobertura do solo obtidos no desenvolvimento da pesquisa (os modelos ‘tipo mosaico’ de oito classes de cobertura), podem ser úteis para análises envolvendo indagações sobre o ambiente natural e os impactos humanos que atuam sobre este, ao permitirem a realização de estudos de evolução da cobertura de elementos naturais (vegetação, água, solo, etc.).

Outra questão que tem potencial para ser estudada em futuros trabalhos é a segregação sócioespacial em Lajeado, incluindo suas transformações ao longo da história do município. Historicamente a maior parcela da população de baixa renda do município se concentrou em loteamentos periféricos, implantados nos limites do perímetro urbano para cada período e, recentemente, surgiram os primeiros condomínios horizontais fechados no município. Trata-se de modelos comuns de urbanização que caracterizam o processo de expansão urbana dos municípios brasileiros e que, sabidamente, refletem o processo de segregação sócioespacial. A segregação sócioespacial também pode ser analisada em conjunto com os aspectos que envolvem o mercado imobiliário e fundiário (preço da terra), além de envolver o papel do poder público nesse processo, ao diminuir ou acelerar a segregação.

A partir deste trabalho também é possível pensar no aprofundamento de estudos sobre a relação urbano-rural no município e como a alteração do perímetro

urbano transforma estruturalmente a paisagem com reflexos e reverberações econômicas (e vice-versa) na cidade e no município como um todo. Essa exploração temática é bastante pertinente ao campo do planejamento urbano, assim como o estudo ampliado da paisagem “urbano-rural” apresenta pertinência aos estudos regionais e da paisagem.

Por último, acredita-se que relativamente aos impactos e as reverberações da expansão exagerada do perímetro urbano poderiam ser estudados e quantificados seus efeitos sobre o custo da terra, sobre os custos das infraestruturas e nos seus custos ecológico-ambientais sobre a cidade e a vida humana. Uma possibilidade de exploração nessa direção seria examinando a evolução das condições de acessibilidade das áreas residenciais do município em relação aos equipamentos e serviços públicos urbanos (distâncias, presença dos equipamentos, variedade e qualidade dos mesmos), considerando que o processo de expansão dispersa possui potencial para aumentar as distâncias médias entre as diferentes localizações na malha urbana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, F.; VALENZUELA, L. M.; BOTEQUILHA-LEITÃO, A. Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area. **Landscape and Urban Planning**, v. 99, p. 226-238, 2011.

ALVES, A. W. **Planejamento e crescimento urbano: um estudo sobre os planos diretores da cidade de Lajeado, Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário Univates. Lajeado, p. 159. 2010.

ALVIM, A. T. B.; CASTRO, L. G. R. D. **Avaliação de políticas urbanas: contexto e perspectivas**. São Paulo: Mackpesquisa e Romano Guerra Editora, 2010. 142 p.

ANDRADE, M. C. D. **A questão do território no Brasil**. São Paulo: Editora Hucitec, v. 29, 1995.

ANGEL, S. et al. The dynamics of global urban expansion. **Transport and Urban Development Department, The World Bank**, v. 1, p. 3, 2005.

ANGEL, S. et al. A planet of cities: urban land cover estimates and projections for all countries, 2000-2050. **Lincoln Institute of Land Policy Working Paper**, 2010.

ANGEL, S.; PARENT, J.; CIVCO, D. **Urban sprawl metrics: an analysis of global urban expansion using GIS**. Proceedings of ASPRS 2007 Annual Conference, Tampa, Florida May. [S.l.]: [s.n.]. 2007. p. 7-11.

ASCHER, F. **Os princípios do novo urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra, 2010. 103 p.

BALISA, D.; COSTA, S. P.; TEIXEIRA, M. C. **Projetos específicos de expansão urbana: estratégias para a utilização responsável do instrumento no planejamento e gestão das expansões urbanas municipais**. 4ª Conferência do PNUM: Morfologia Urbana e os Desafios da Urbanidade. Brasília: FAUNB. 2015. p. 118-131.

BAUMAN, Z. **Identidade: entrevista a Benedetto Vecchi**. [S.l.]: Zahar, 2005.

BENGSTON, D. N.; FLETCHER, J. O.; NELSON, K. C. Public policies for managing urban growth and protecting open space: policy instruments and lessons learned in the United States. **Landscape and urban planning**, v. 69, p. 271-286, 2004.

BENGSTON, D. N.; YOUN, Y.-C. Urban containment policies and the protection of natural areas: the case of Seoul's greenbelt, 2006.

BERGAMASCHI, E. **Urbanização, reestruturação urbana e mudanças na organização espacial da cidade de Lajeado na região do Vale do Taquari-RS**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Mestrado em Desenvolvimento Regional, Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, p. 240. 2014.

BHATTA, B. **Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010. 172 p.

BLASCHKE, T. et al. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. **Environmental information for planning, politics and the public**, v. 2, p. 555-570, 2000.

BRAGA, R. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre o plano diretor e o zoneamento urbano. In: CARVALHO, P.; BRAGA, R. **Perspectivas de gestão ambiental em cidades médias**. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001. Cap. 8, p. 95-109.

BRASIL. **Decreto-lei nº 311, de 02 de março de 1938. Dispõe sobre a divisão territorial do país, e dá outras providências**. Rio: Diário oficial da União, 1938. março de 1938.

BRASIL. **Lei federal nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios**. Brasília: Diário oficial da União, 1966.

BRASIL. **Lei federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõem sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências**. Brasília: Diário oficial da União, 1979. dezembro de 1979.

BRASIL. **Decreto Lei nº 1.044, de 14 de janeiro de 1994. Institui o Programa Nacional de Descentralização e constitui Câmara Especial do Conselho de Governo**. Brasília: Diário oficial da União, 1994.

BRASIL. **Lei federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Dispõem sobre os artigos 82 e 83 da constituição**. Brasília: Diário oficial da União, 2001. julho de 2001.

BRASIL. **Estatuto da cidade: guia para implantação pelos municípios e cidadãos: Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana**. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados - Coordenação de Publicações, 2002.

BRASIL. **Lei federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 10 de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de**

dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília: Diário oficial da União, 2012. abril de 2012.

CAIADO, A. S. C.; SANTOS, S. M. M. D. Fim da dicotomia rural-urbano? Um olhar sobre os processos socioespaciais. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 17, p. 115-124, jan 2003.

CALTHORPE, P.; FULTON, W. **The Regional City**. 4^a. ed. Washington: Island Press, 2001. 328 p.

CAMPOS, H. Á. et al. Agentes sociais urbanos, estratégias de ação e seus reflexos na organização espacial das cidades de Santa Cruz do Sul e Lajeado. In: CAMPOS, H. Á.; SILVEIRA, R. L. L. D. **Valorização do solo e reestruturação urbana: os novos produtos imobiliários na Região dos Vales - RS**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2014. Cap. 6, p. 129-162.

CAMPOS, H. Á. et al. Análise tipológica dos novos produtos imobiliários nas cidades de Lajeado e Santa Cruz do Sul. In: CAMPOS, H. Á.; SILVEIRA, R. L. L. D. **Valorização do solo e reestruturação urbana: os novos produtos imobiliários na Região dos Vales - RS**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2014. Cap. 5, p. 101-128.

CLOKE, P.; JOHNSTON, R. Deconstructing human geography's binaries. **Spaces of geographical thought: Deconstructing human geography's binaries**, p. 1-20, 2005.

COELHO, L. L. **Dispersão, fragmentação e paisagem: relações entre dinâmicas naturais e urbanas no oeste da Região Metropolitana de São Paulo**. Tese - Curso de Paisagem e Ambiente, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 373. 2015.

COOMBES, M. Multiple dimensions of settlement systems: coping with complexity. **New forms of urbanization: beyond the urban-rural dichotomy**, p. 307-324, 2004.

CORRÊA, R. L. Construindo o conceito de cidade média. In: SPOSITO, M. E. B. **Cidades médias: espaços em evolução**. São Paulo: Expressão Popular, 2007.

DAI, X. L.; KHORRAM, S. Remotely sensed change detection based on artificial neural networks. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Raleigh, v. 65, n. 10, p. 1187-1194, Out 1999.

DANSEREAU, P. The Future of Ecology. **BioScience**, v. 14, n. 7, p. 20-23, 1964.

DANSEREAU, P. An ecological grading of human settlements. **Geoforum**, v. 9, n. 3, p. 161-210, 1978.

DANSEREAU, P. Les dimensions écologiques de l'espace urbain. **Cahiers de géographie du Québec**, v. 31, n. 84, p. 333-395, 1987.

DE PAULA, A. S. et al. Dinâmica da ocupação e uso do solo em Londrina (PR): um olhar sobre a interface urbano-rural. **Confins**, v. 1, n. 17, p. 33-44, Mar 2013.

- DIETZEL, C. et al. Diffusion and coalescence of the Houston Metropolitan Area: evidence supporting a new urban theory. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 32, n. 2, p. 231-246, 2005.
- DIETZEL, C. et al. Spatio-temporal dynamics in California's Central Valley: Empirical links to urban theory. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 19, p. 175-195, 2005.
- DIVISÃO ESTATÍSTICA DAS NAÇÕES UNIDAS. **United Nations Demographic Yearbook 2005**. Nova Iorque: United Nations Statistics Division (UNSD), 2008.
- DOXIADIS, C. A. Ekistics, the science of human settlements. **Science**, v. 170, p. 393-404, 1970.
- DOXIADIS, C. A. Ecology and ekistics. In: ROSE, J.; WEIDNER, E. W. **Westview Environmental Studies**. 1. ed. Boulder: Westview Press, v. 6, 1977. Cap. 1, p. 118.
- DUNTEMAN, G. H. **Principal components analysis: quantitative applications in the social sciences**. 1. ed. Newbury Park: Sage Publications, v. 69, 1989. 96 p.
- DUPUIS, M.; VANDERGEEST, P. **Creating the Countryside: the politics of rural and environmental discourse**. 1. ed. Filadélfia: Temple University, v. 1, 1996. 360 p.
- ECHENIQUE, M. et al. A disaggregated model of urban spatial structure: theoretical framework. **Environment and Planning A**, v. 6, n. 1, p. 33-63, 1974.
- ECHENIQUE, M.; CROWTHER, D.; LINDSAY, W. A spatial model of urban stock and activity. **Regional Studies**, v. 3, p. 281-312, 1969.
- EWING, R. Is Los Angeles-style sprawl desirable? **Journal of the American planning association**, v. 63, p. 107-126, 1997.
- FOLEY, J. A. et al. Global Consequences of Land Use. **Science**, v. 309, p. 570-574, 2005.
- FORMAN, R. T. T. **Urban ecology: A science of cities**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 476 p.
- FREY, W. H.; ZIMMER, Z. Defining the city. **Handbook of urban studies**, v. 1, p. 14-35, 2001.
- GALSTER, G. et al. Wrestling sprawl to the ground: Defining and measuring an elusive concept. **Housing Policy Debate**, Washington, v. 12, n. 4, p. 681-718, 2001.
- GLARE, P. G. **Oxford Latin Dictionary**. Londres: Oxford University, 1968. 2152 p.
- GOULART, J. O.; TERCI, E. T.; OTERO, E. V. A dinâmica urbana de cidades médias do interior paulista sob o Estatuto da Cidade. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 15, p. 183-200, maio 2013.
- GUTTENBERG, A. Z. Urban structure and urban growth. **Journal of the American institute of Planners**, v. 26, p. 104-110, 1960.
- HARPER, D. **Online etymology dictionary**. [S.l.]: [s.n.], 2017.

HARVEY, D. **Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. 20ª. ed. São Paulo: Loyola, 2010.

HEROLD, M. et al. **Remote sensing derived mapping to support urban growth theory**. 3th International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas. Istambul: [s.n.]. 2005. p. 1-6.

HEROLD, M.; COUCLELIS, H.; CLARKE, K. C. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, p. 369-399, 2005.

HOWARTH, P. J.; WICKWARE, G. M. Procedures for change detection using Landsat digital data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 2, p. 277-291, 1981.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: Pesquisa de Informações Básicas Municipais 1999**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2013**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

INOSTROZA, L.; BAUR, R.; CSAPLOVICS, E. Urban sprawl and fragmentation in Latin America: a dynamic quantification and characterization of spatial patterns. **Journal of environmental management**, v. 115, p. 87-97, Janeiro 2013.

KAHN, M. E.; MILLS, E. S. **Green cities: urban growth and the environment**. 1. ed. Cambridge: Cambridge Univ Press, 2006. 160 p.

LAJEADO. **Lei Municipal Ordinária nº 2.729 de 10 de julho de 1974. Institui o Plano Municipal de Desenvolvimento Integrado**. Lajeado: Prefeitura Municipal de Lajeado, 1974.

LAJEADO. **Lei Municipal Ordinária nº 4.788 de 05 de junho de 1992. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado**. Lajeado: Prefeitura Municipal de Lajeado, 1992.

LAJEADO. **Lei Municipal Ordinária nº 7.650 de 10 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado**. Lajeado: Prefeitura Municipal de Lajeado, 2006.

LAJEADO. **Lei Municipal Ordinária nº 9.964 de 29 de outubro de 2015. Altera artigos e anexos da Lei nº 7.650/2006 - Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Lajeado**. Lajeado: Prefeitura Municipal de Lajeado, 2015.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. Global land-use and land-cover change: what have we learned so far. **Global Change Newsletter**, v. 46, p. 27-30, 2001.

LEDRUT, R. **Sociologia Urbana**. 1. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1971. 208 p.

LEITÃO, A. B. et al. **Measuring landscapes: A planner's handbook**. 1. ed. Washington: Island Press, 2006. 245 p.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote sensing and image interpretation**. 5. ed. Crawfordsville: John Wiley & Sons, 2014. 763 p.

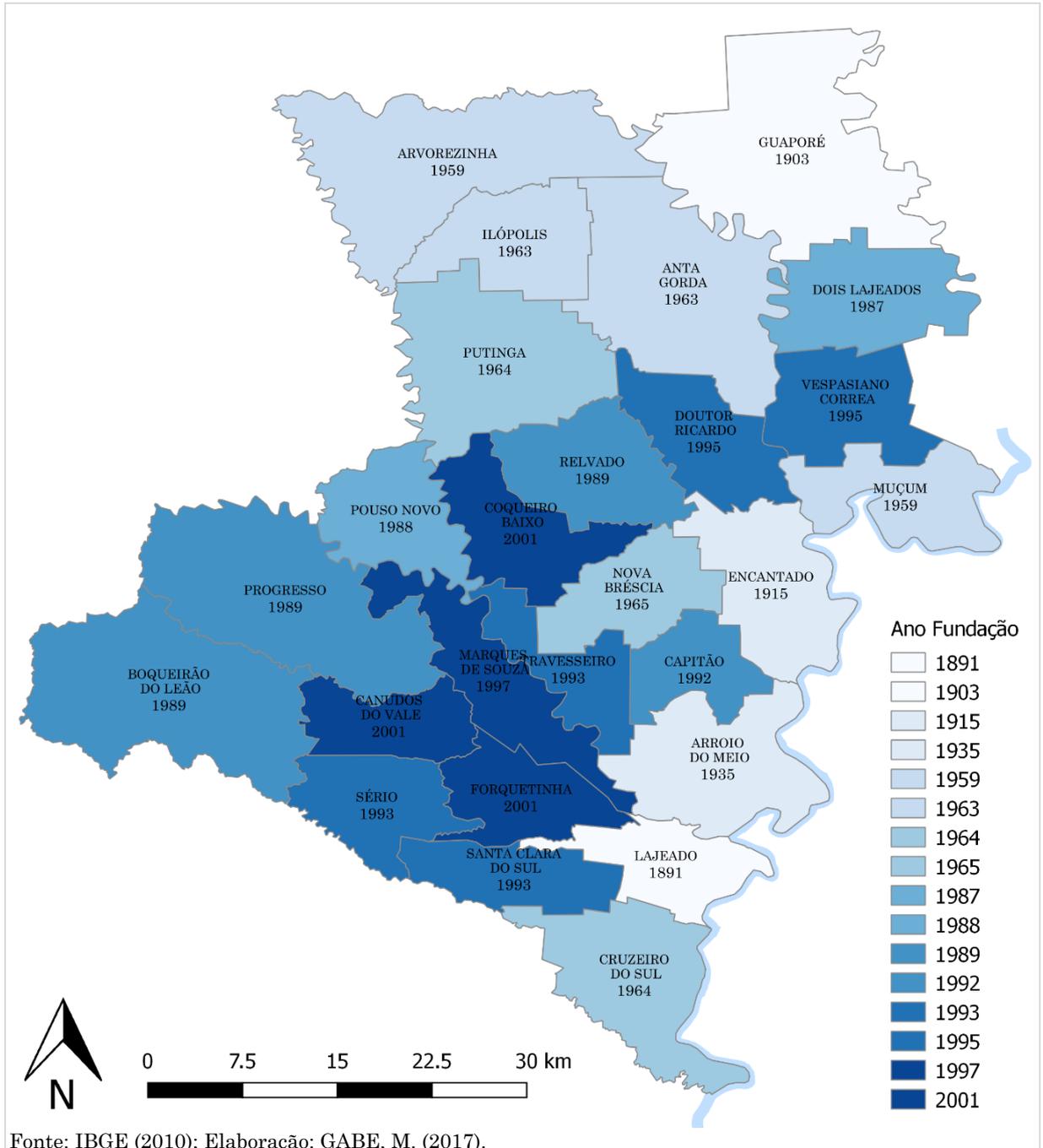
- LÜCKE, S. A. **Planejamento e cidades: plano diretor em Venâncio Aires/RS**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ambiente Desenvolvimento, Mestrado em Abinete e Desenvolvimento, Centro Universitário Univates. Lajeado, p. 151. 2013.
- MARICATO, E. Metrópole, legislação e desigualdade. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 17, p. 151-166, 2003.
- MATHIEU, N.; BONTRON, J. C. Les transformations de l'espace rural: Problèmes de méthode. **Études rurales**, Paris, v. 49, n. 50, p. 137-159, jan 1973.
- MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, p. 1425-1432, maio 1996.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. US Forest Service General Technical Report PNW351. Corvallis, p. 122. 1995.
- MENEGAT, R. Cognição e paisagem no processo civilizatório andino: a matriz do lugar como chave para decifrar Machu Picchu. **Ornamental Horticulture**, v. 16, 2010.
- MIRANDA, L. I. B. D. Planejamento em áreas de transição rural-urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Recife, v. 11, n. 1, p. 25-40, maio 2009.
- MORIN, E. **O método: A vida da vida**. 1. ed. Porto Alegre: Sulina, v. 2, 2005. 527 p.
- MORIN, E. **O método: A natureza da natureza**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, v. 1, 2013. 479 p.
- MÜLLER, D. M. **Crescimento urbano: um instrumento de análise aplicado ao Vale do Taquari**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Urbano e Regional, Departamento de Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 160. 1974.
- MURILLO, D.; ANDERIES, J. M.; CASTILLO-CHÁVEZ, C. **Towards a theoretical model of urban growth**. Workshop on the Workshop 4. Indiana: Indiana University. 2009. p. 1-17.
- NAKANO, K. O plano diretor e as zonas rurais. In: SANTORO, P. F.; PINHEIRO, E. **Cadernos Pólis: O município e as áreas rurais**. 1. ed. São Paulo: Instituto Pólis, v. 8, 2004. Cap. 2, p. 25-36.
- NASCIMENTO, E.; MATIAS, L. F. Expansão urbana e desigualdade socioespacial: uma análise da cidade de Ponta Grossa (PR). **Ra e ga: O Espaço Geográfico em Análise, Departamento de Geografia UFPR**, Paraná, v. 1, n. 23, p. 65-97, 2011.
- NASCIMENTO, M. D. D.; MOURA, N. S. V. Análise Espacial da Expansão Urbana de Santa Maria/RS e tendências atuais. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 41, n. 1, p. 150-167, jan 2014.

- NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. S. The Evolution of Landscape Ecology. In: _____ **Landscape Ecology**. [S.l.]: Springer, 1994. p. 3-25.
- NETZBAND, M.; STEFANOV, W. L.; REDMAN, C. **Applied remote sensing for urban planning, governance and sustainability**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2007.
- ODUM, E. **Fundamentos de Ecologia**. 6ª. ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.
- PAHL, R. E. The Rural-Urban Continuum. **Sociologia Ruralis**, v. 6, p. 299-329, Dezembro 1966.
- PALMA, N.; RODRIGUES, M. S.; BOZZETTI, J. O uso da geometria fractal na análise da relação entre os novos produtos imobiliários e a configuração urbana de Santa Cruz do Sul e Lajeado. In: CAMPOS, H. Á.; SILVEIRA, R. L. L. D. **Valorização do solo e reestruturação urbana: os novos produtos imobiliários na Região dos Vales - RS**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2014. Cap. 4, p. 218.
- PARTRIDGE, E. **Origins: A Short Etymological Dictionary of Modern English**. 4ª. ed. [S.l.]: Taylor & Francis, 2006.
- PICCININI, L. S.; ALMEIDA, M. S. D. **Estudo histórico-crítico sobre a produção da cidade**. XXXIV Encuentro Arquisur. La Plata: [s.n.]. 2015. p. 1-10.
- PONT, M. B.; HAUPT, P. **Space, Density and Urban Form**. Delft: [s.n.], 2009.
- REIS, D. S. O rural e o urbano no Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 15, n. 25, p. 77-92, Setembro 2005.
- RESENDE, A. J. C. Autonomia municipal e lei orgânica. **Cadernos da Escola do Legislativo- Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 10, n. 15, p. 7-42, Janeiro/Dezembro 2008.
- RIBEIRO, E. L.; SILVEIRA, J. A. R. D. O fenômeno do sprawl urbano e a dinâmica de segregação socioespacial. **Arquitetura e Urbanismo**, v. 1, n. 185, p. 22-33, Agosto 2009.
- SANTORO, P. F. **Planejar a expansão urbana: dilemas e perspectivas**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 360. 2012.
- SANTORO, P. F. Perímetro urbano flexível, urbanização sob demanda e incompleta: o papel do Estado frente ao desafio do planejamento da expansão urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 16, p. 169-187, 2014.
- SANTORO, P. F.; COBRA, P. L.; BONDUKI, N. Cidades que crescem horizontalmente: o ordenamento territorial justo da mudança de uso rural para urbano. **Cadernos Metrópole.**, v. 12, 2010.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. [S.l.]: Edusp, v. 1, 2002.
- SANTOS, M. A. D. Espaço e método. **Coleção Espaços**, 1997.

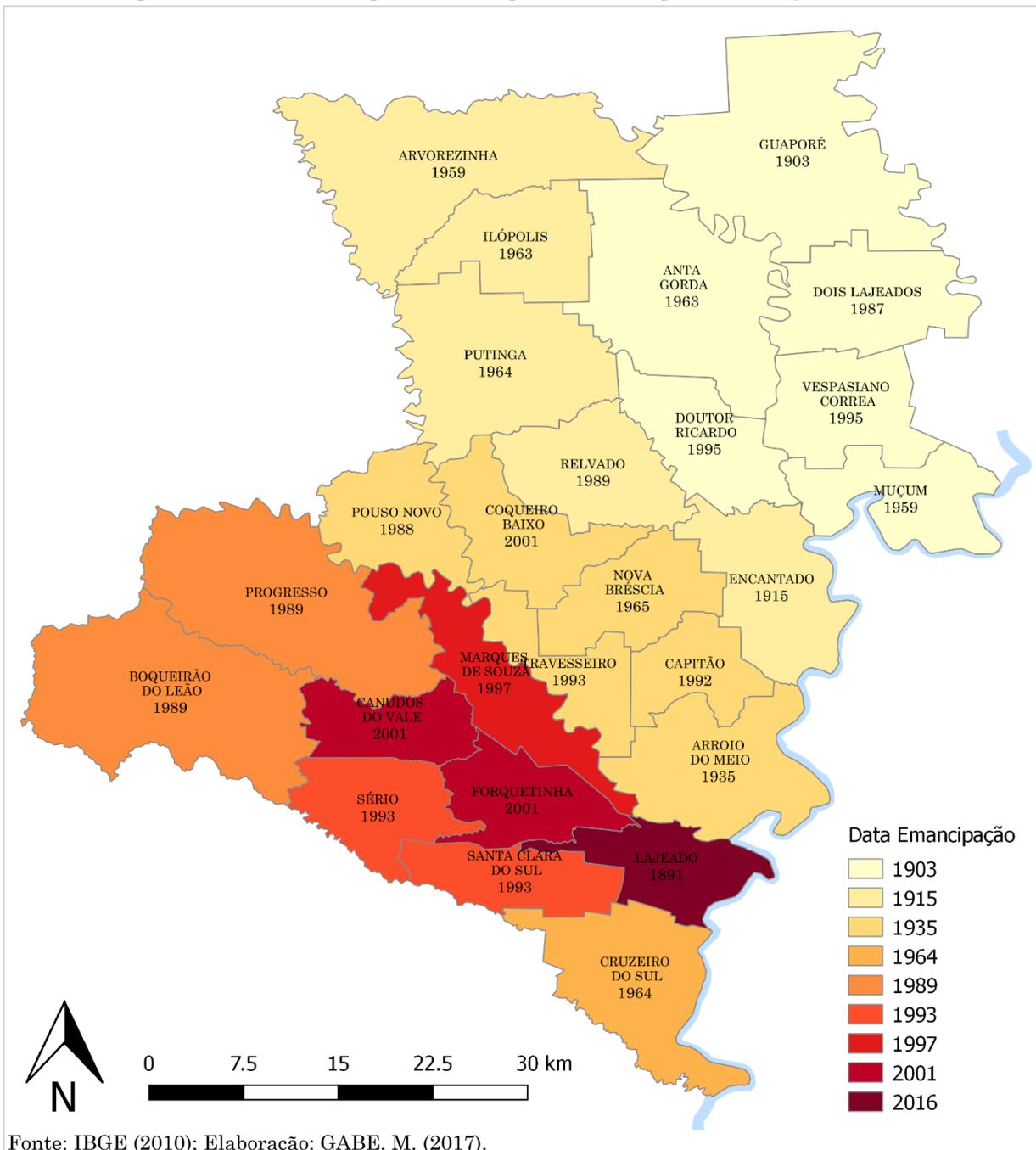
- SCHEIBE, A. C. **Evolução urbana do município de Lajeado : um estudo configuracional**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 178. 2016.
- SELHORST, S. et al. **Perfil Físico-urbanístico da Cidade Lajeado**. Santa Maria: UFSM - FATEC, 2000.
- SETO, K. C. et al. A meta-analysis of global urban land expansion. **PloS one**, v. 6, p. e23777, 2011.
- SETO, K. C.; PARNELL, S.; ELMQVIST, T. A Global Outlook on Urbanization. In: ELMQVIST, T., et al. **Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 1-12.
- SILVA, J. G. D. Velhos e novos mitos do rural brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 37-50, 2001.
- SILVEIRA, R. L. L. D. et al. Os processos de urbanização e de expansão da estrutura urbana nos aglomerados urbanos de Lajeado - Estrela e de Santa Cruz Do Sul - Venâncio Aires - Vera Cruz. In: CAMPOS, H. Á.; SILVEIRA, R. L. L. D. **Valorização do solo e reestruturação urbana: os novos produtos imobiliários na Região dos Vales - RS**. 1. ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2014. Cap. 3, p. 218.
- SOARES, P. R. R.; AMARAL, S. M. R. D. Reestruturação do espaço urbano: a produção capitalista de moradias em Rio Grande/RS (os condomínios verticais). **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 7-144, n. 22, p. 53-61, Março 1997.
- SOARES, P. R. R.; UEDA, V. Cidades médias e modernização do território no Rio Grande do Sul. In: SPOSITO, M. E. B. **Cidades médias: espaços em transição**. Presidente Prudente: Expressão Popular, 2007.
- SOROKIN, P.; ZIMMERMAN, C.; GALPIN, C. Diferenças fundamentais entre o mundo rural e o urbano. In: MARTINS, J. D. S. **Introdução Crítica à Sociologia Rural**. 4. ed. São Paulo: Editora HUCITEC, 1991. Cap. 8, p. 158-224.
- SOUZA, M. L. D. **Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.
- SPAROVEK, G.; LEONELLI, G. C. V.; BARRETTO, A. G. O. P. A linha imaginária. In: SANTORO, P. F.; PINHEIRO, E. **Caderno Pólis: O planejamento do município e as áreas rurais**. 1. ed. São Paulo: Instituto Pólis, v. 8, 2004. Cap. 1, p. 14-24.
- STALEY, S.; EDGENS, J. G.; MILDNER, G. C. S. **A line in the land: urban-growth boundaries, smart growth, and housing affordability**. [S.l.]: Reason Public Policy Institute, 1999.
- STRAUSS, E. J.; NEAMTU, B. Policy Tools for Addressing Urban Sprawl: Urban Growth Boundaries. **Transylvanian Review of Administrative Sciences**, v. 2, p. 136-153, 2006.

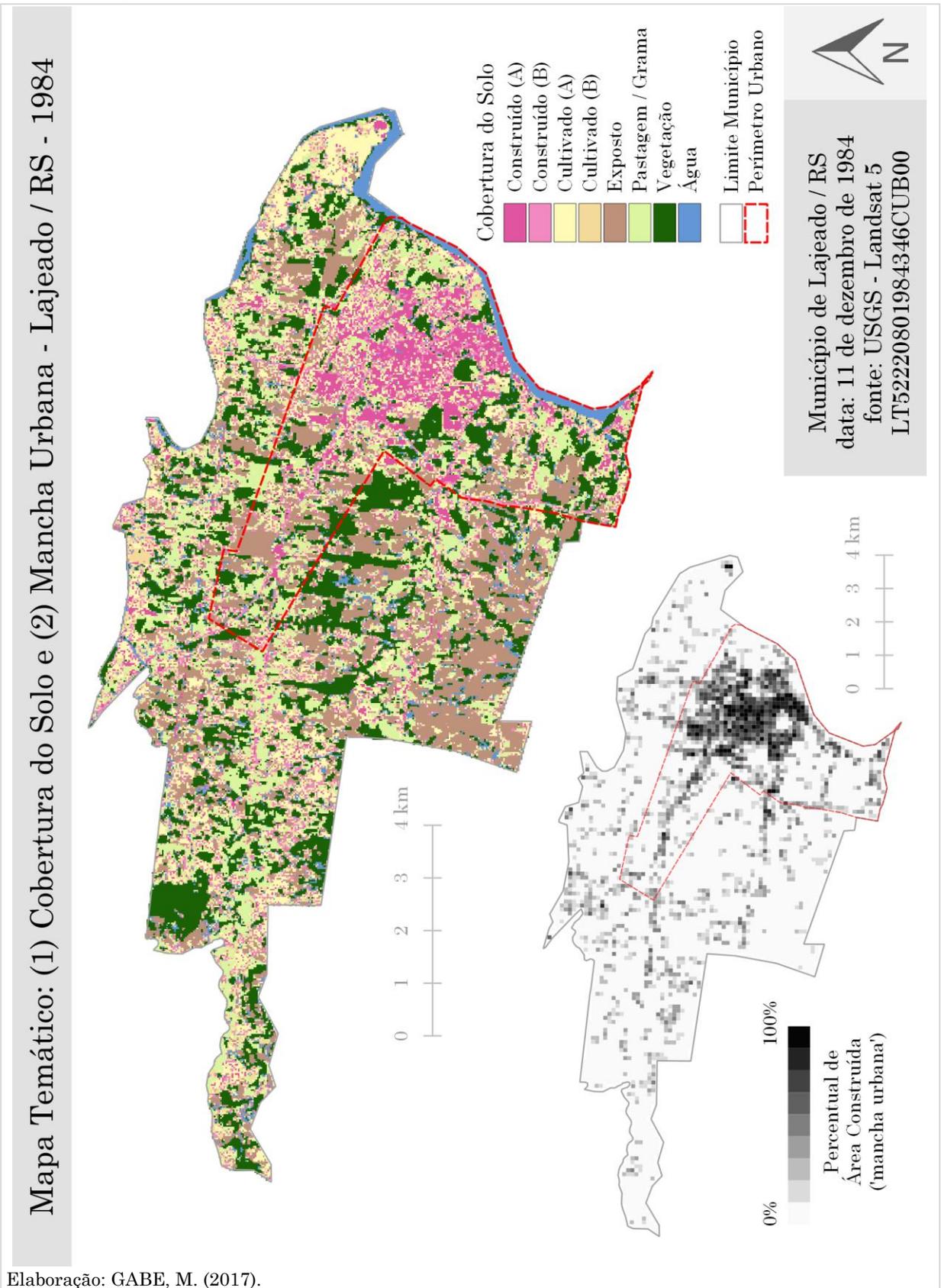
- TALASKA, A.; ARANTES, A.; FARIAS, J. A. A. La delimitación de lo urbano y lo rural en Río Grande del Sur, Brasil. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 18, p. 56-69, Janeiro 2009.
- TALASKA, A.; SILVEIRA, R. L. L. D.; ETGES, V. E. Cidade e campo: para além dos critérios e atributos, as relações e contradições entre o urbano e o rural. **Anais: Encontros Nacionais da ANPUR**, v. 15, 2013.
- TAVARES, L. A. AS FRONTEIRAS FÍSICAS DO ESPAÇO RURAL: UMA CONCEPÇÃO NORMATIVO-DEMOGRÁFICA. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 7, 2003.
- TAYYEBI, A.; PERRY, P. C.; TAYYEBI, A. H. Predicting the expansion of an urban boundary using spatial logistic regression and hybrid raster--vector routines with remote sensing and GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 28, p. 639-659, 2014.
- TUAN, Y.-F. **Topofilia**: um estudo das percepções, atitudes e valores do meio ambiente. [S.l.]: [s.n.], 1980.
- TURNER, M. G. et al. **Landscape ecology in theory and practice**. [S.l.]: Springer, v. 401, 2001.
- VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Studio Nobel : FAPESP, 1998.
- VILLAÇA, F. **Reflexões sobre as cidades brasileiras**. São Paulo: Studio Nobel, 2012. 295 p.
- WANG, H. et al. Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review. **Landscape and Urban Planning**, v. 104, p. 299-309, 2012.
- WILLIAMS, R. **The Country and the City**. Oxford: Oxford University Press, 1975. 352 p.
- WILSON, E. H.; HURD, J.; CIVCO, D. **Development of a model to quantify and map urban growth**. The American Congress on Surveying and Mapping (ACSM), the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Annual Conference and International Federation of Surveyors XXII Congress, Washington DC, USA. [S.l.]: [s.n.]. 2002.
- WOODS, M. **Rural**: keys ideas in geography. 1. ed. Londres: Routledge, 2010. 352 p.
- XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, p. 3025-3033, jul 2006.
- XU, H. Extraction of urban built-up land features from Landsat imagery using a thematicoriented index combination technique. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 73, p. 1381-1391, 2007.

Anexo 1. Mapa temático: data de fundação dos municípios que pertenciam à Lajeado/RS.



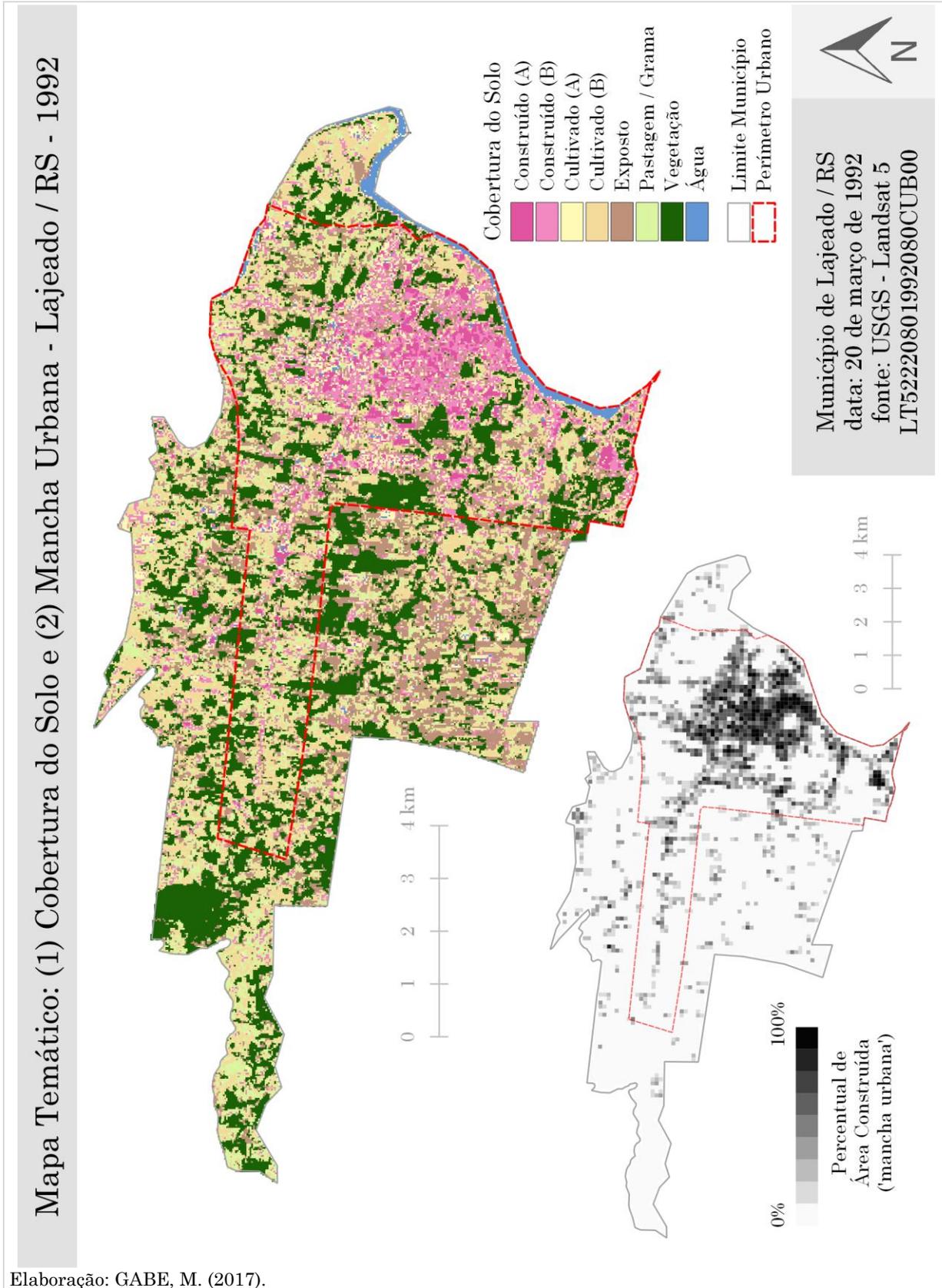
Anexo 2. Mapa temático: data em que os municípios se emanciparam de Lajeado/RS.

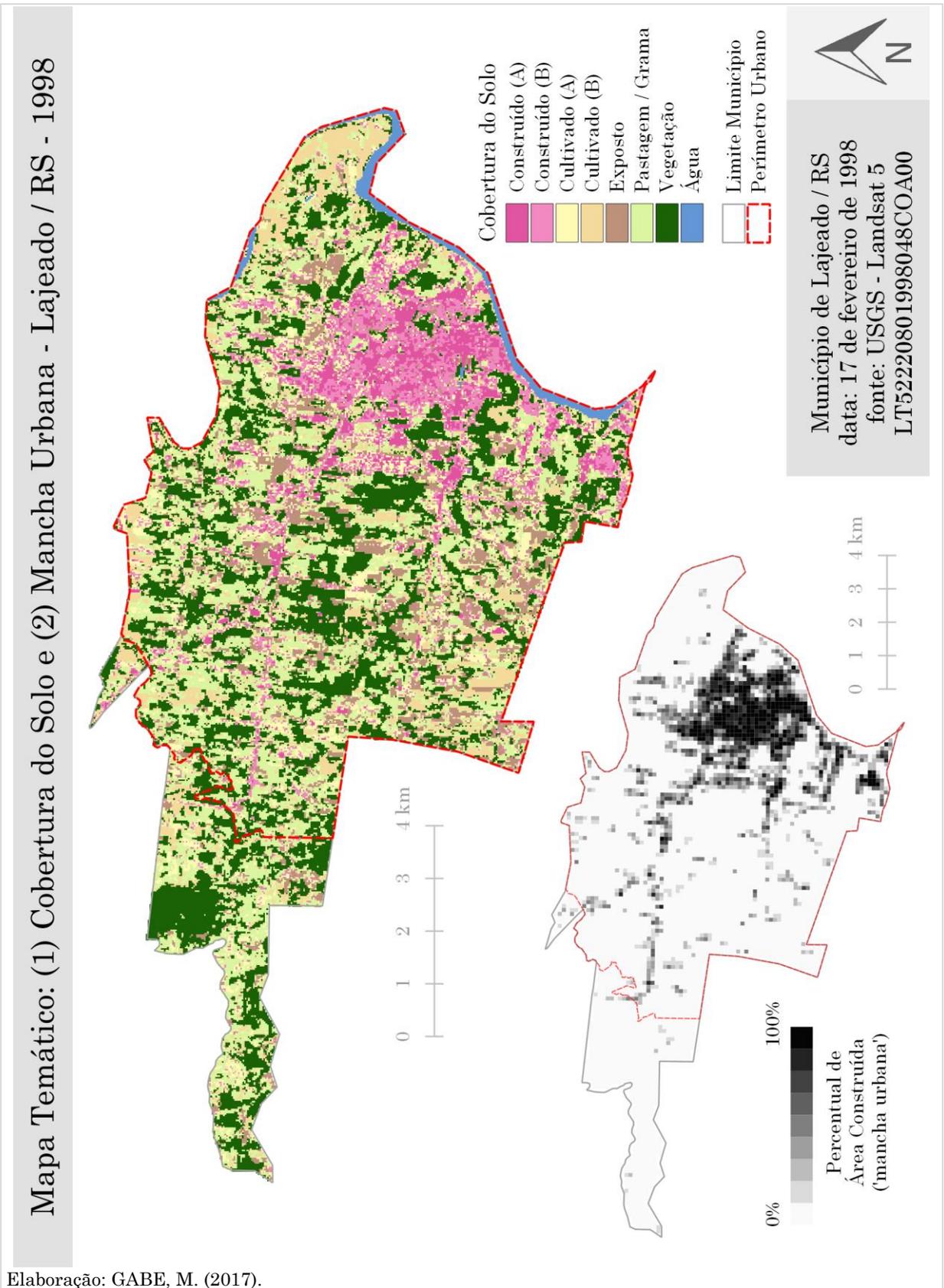




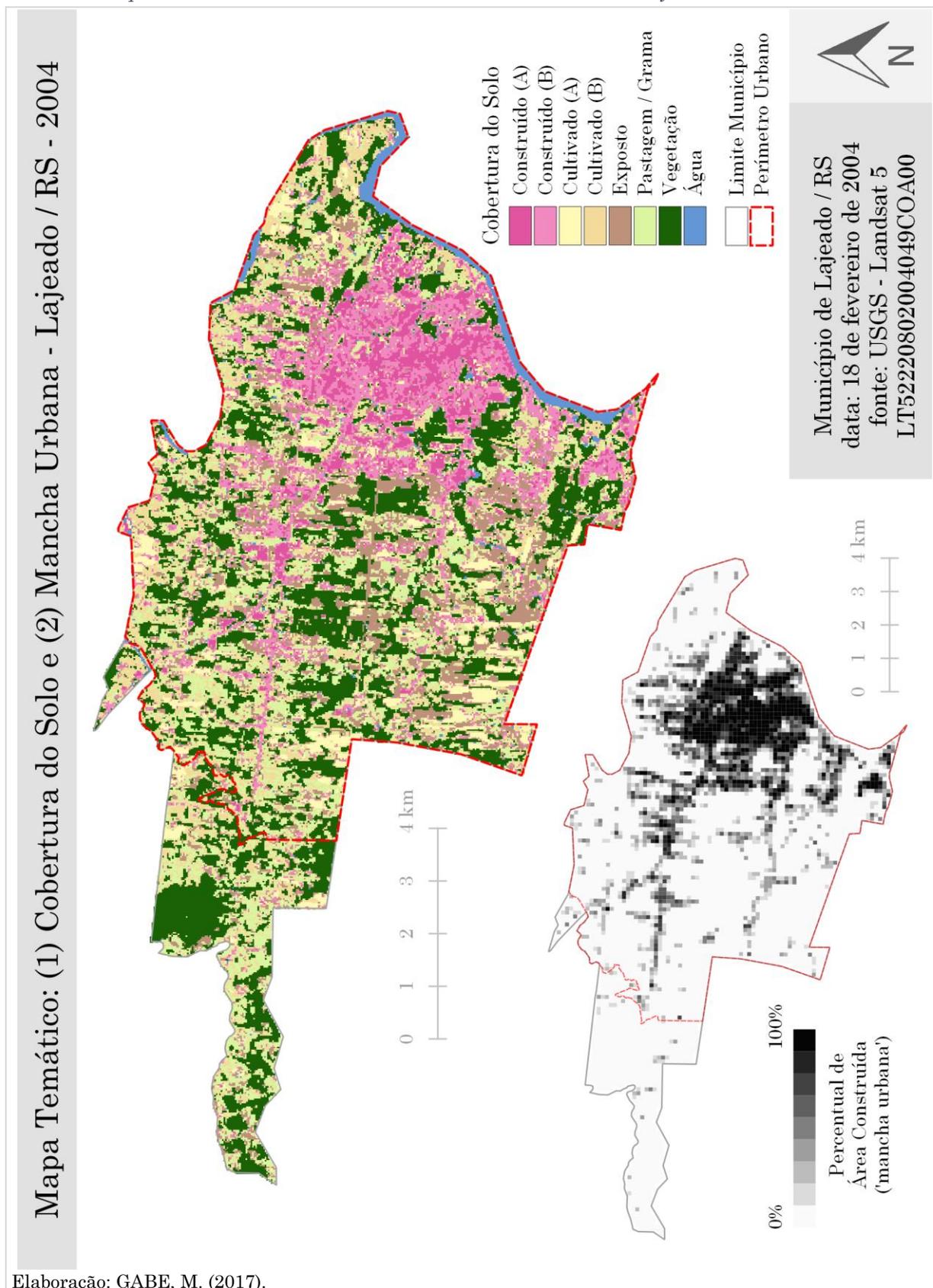
Elaboração: GABE, M. (2017).

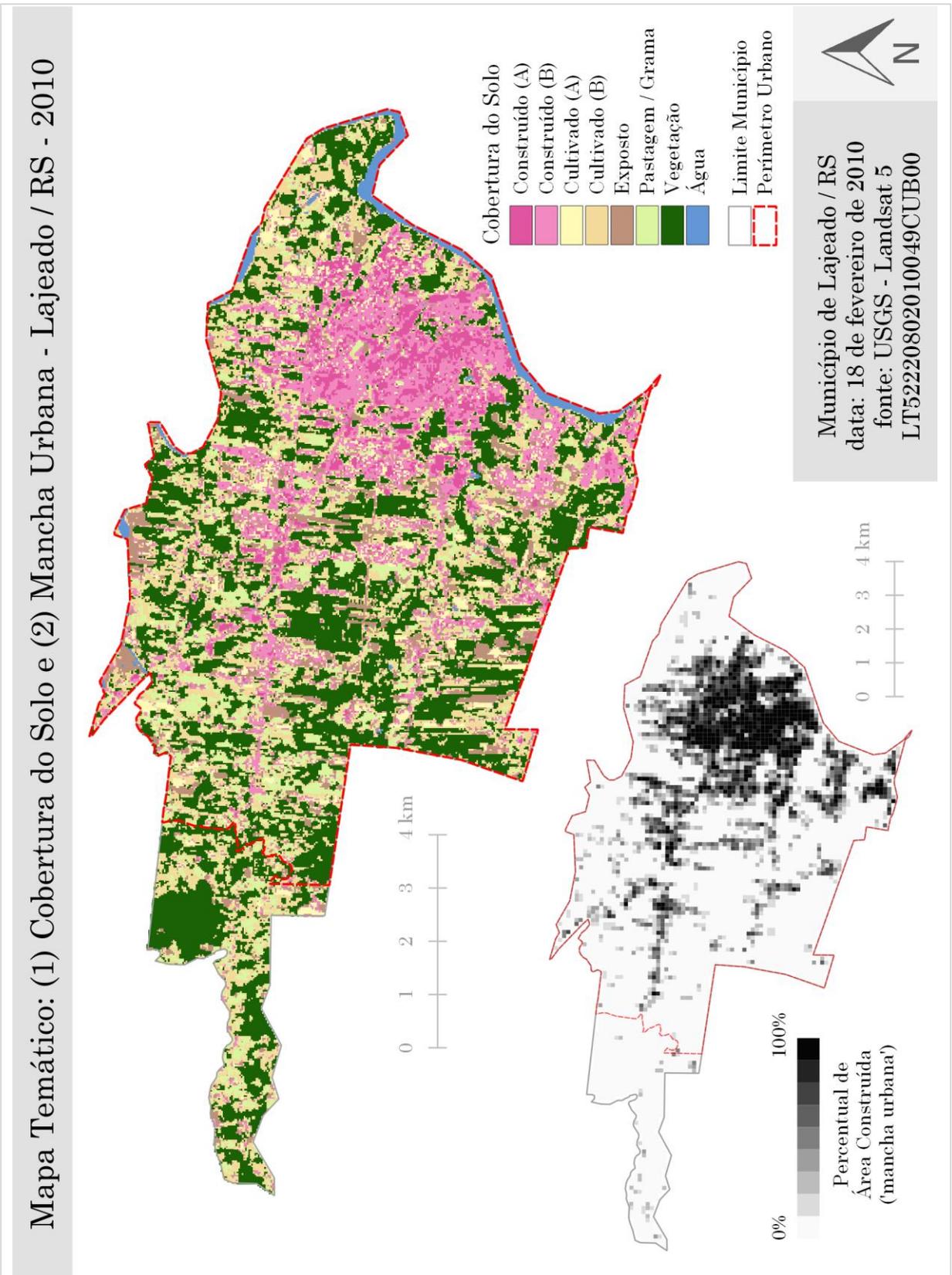
Anexo 4. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – março de 1992.





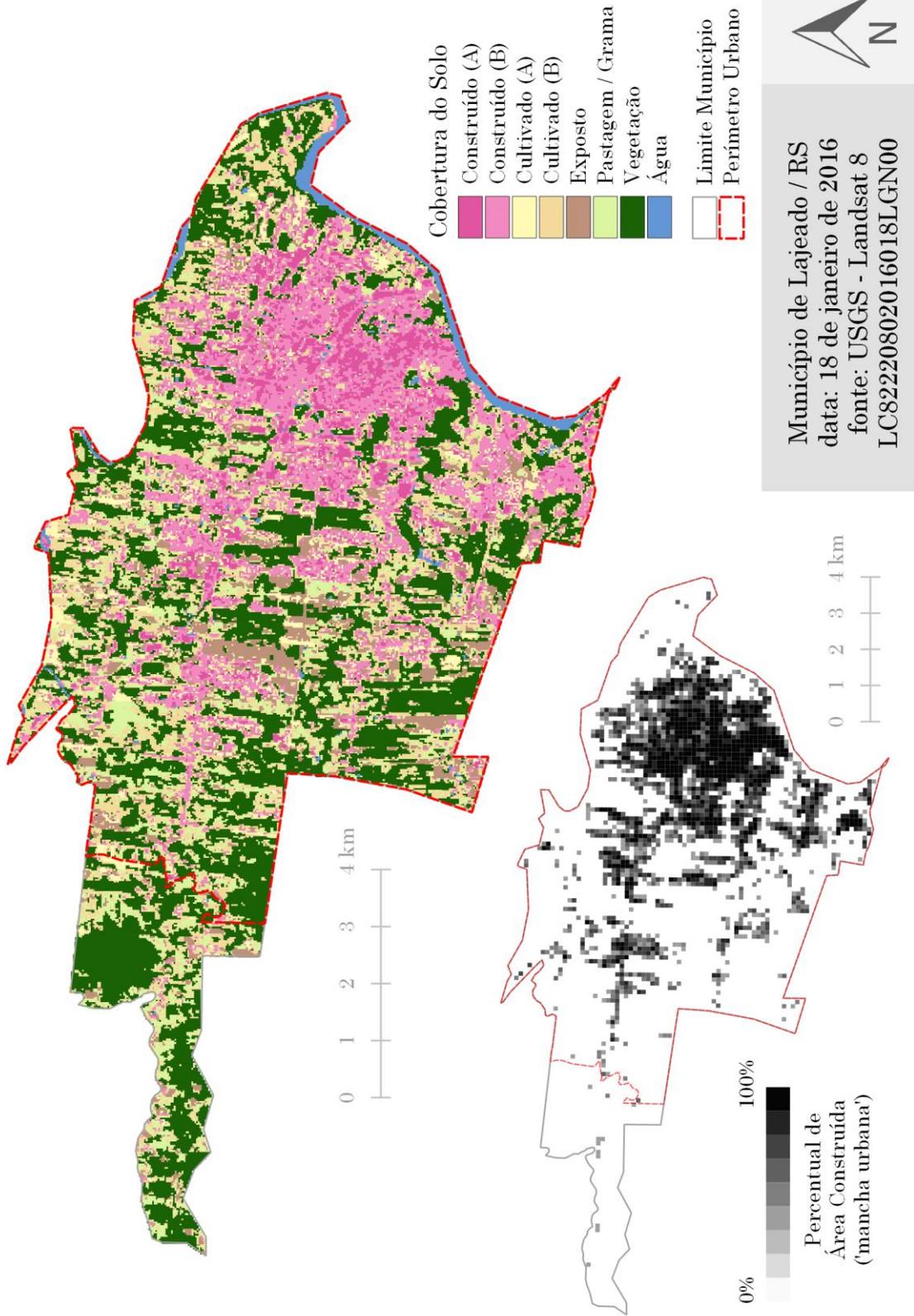
Anexo 6. Mapa temático de cobertura do solo e mancha urbana de Lajeado/RS – fevereiro de 2004.





Elaboração: GABE, M. (2017).

Mapa Temático: (1) Cobertura do Solo e (2) Mancha Urbana - Lajeado / RS - 2016



Elaboração: GABE, M. (2017).

Anexo 9. Tabela de 'estatísticas por classe' para os períodos de transição (modelo de 8 classes).

		Área (km ²)			Porcentagem (%)			
		1984	1992	Δ	1984	1992	Δ	
1984 → 1992	Construído (A)	1	5.83	2.71	-3.1	6.5	3.0	-3.5
	Construído (B)	2	8.59	9.22	0.6	9.5	10.2	0.7
	Cultivado (A)	3	10.1	3.14	-7.0	11.2	3.5	-7.7
	Cultivado (B)	4	6.81	19.79	13.0	7.5	21.9	14.4
	Solo Exposto	5	18.2	17.18	-1.0	20.2	19.0	-1.1
	Pastagem/Grama	6	16.12	13.5	-2.6	17.9	15.0	-2.9
	Vegetação	7	19.11	23.28	4.2	21.2	25.8	4.6
	Água	8	5.47	1.43	-4.0	6.1	1.6	-4.5
		1992	1998	Δ	1992	1998	Δ	
1992 → 1998	Construído (A)	1	2.71	4.37	1.7	3.0	4.8	1.8
	Construído (B)	2	9.22	8.43	-0.8	10.2	9.3	-0.9
	Cultivado (A)	3	3.14	7.39	4.3	3.5	8.2	4.7
	Cultivado (B)	4	19.79	11.46	-8.3	21.9	12.7	-9.2
	Solo Exposto	5	17.18	9.38	-7.8	19.0	10.4	-8.6
	Pastagem/Grama	6	13.5	23	9.5	15.0	25.5	10.5
	Vegetação	7	23.28	24.67	1.4	25.8	27.3	1.5
	Água	8	1.43	1.53	0.1	1.6	1.7	0.1
		1998	2004	Δ	1998	2004	Δ	
1998 → 2004	Construído (A)	1	4.37	5.18	0.8	4.8	5.7	0.9
	Construído (B)	2	8.43	12.13	3.7	9.3	13.4	4.1
	Cultivado (A)	3	7.39	4.5	-2.9	8.2	5.0	-3.2
	Cultivado (B)	4	11.46	13	1.5	12.7	14.4	1.7
	Solo Exposto	5	9.38	12.38	3.0	10.4	13.7	3.3
	Pastagem/Grama	6	23	16.92	-6.1	25.5	18.7	-6.7
	Vegetação	7	24.67	23.75	-0.9	27.3	26.3	-1.0
	Água	8	1.53	2.38	0.9	1.7	2.6	0.9
		2004	2010	Δ	2004	2010	Δ	
2004 → 2010	Construído (A)	1	5.18	4.48	-0.7	5.7	5.0	-0.8
	Construído (B)	2	12.13	14.08	1.9	13.4	15.6	2.2
	Cultivado (A)	3	4.5	3.61	-0.9	5.0	4.0	-1.0
	Cultivado (B)	4	13	19.56	6.6	14.4	21.7	7.3
	Solo Exposto	5	12.38	7.95	-4.4	13.7	8.8	-4.9
	Pastagem/Grama	6	16.92	9.65	-7.3	18.7	10.7	-8.1
	Vegetação	7	23.75	29.03	5.3	26.3	32.2	5.8
	Água	8	2.38	1.9	-0.5	2.6	2.1	-0.5
		2010	2016	Δ	2010	2016	Δ	
2010 → 2016	Construído (A)	1	4.48	5.53	1.1	5.0	6.1	1.2
	Construído (B)	2	14.08	16.89	2.8	15.6	18.7	3.1
	Cultivado (A)	3	3.61	3.63	0.0	4.0	4.0	0.0
	Cultivado (B)	4	19.56	16.72	-2.8	21.7	18.5	-3.1
	Solo Exposto	5	7.95	7.13	-0.8	8.8	7.9	-0.9
	Pastagem/Grama	6	9.65	9.07	-0.6	10.7	10.0	-0.6
	Vegetação	7	29.03	29.18	0.2	32.2	32.3	0.2
	Água	8	1.9	2.1	0.2	2.1	2.3	0.2

Elaboração: GABE, M. (2017).

Anexo 10. 'Matriz de transição' por classe de cobertura (modelo de 8 classes).

		1992									
		1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	
1984 → 1992	Construído (A)	1	25.9	32.9	12.1	9.3	7.0	9.2	2.4	1.2	100
	Construído (B)	2	2.6	18.9	3.9	22.8	22.5	18.5	10.4	0.3	100
	Cultivado (A)	3	3.7	17.7	7.7	28.0	15.3	22.8	4.0	0.9	100
	Cultivado (B)	4	1.8	13.8	3.2	30.7	17.6	20.0	12.7	0.2	100
	Solo Exposto	5	0.9	7.0	2.5	22.6	36.6	17.1	13.1	0.3	100
	Pastagem/Grama	6	1.2	6.3	1.8	37.7	16.7	20.8	15.4	0.2	100
	Vegetação	7	0.4	1.5	0.4	7.1	9.1	3.3	78.1	0.1	100
	Água	8	0.9	6.9	5.3	15.1	18.7	10.9	21.7	20.6	100
	Δ	-62.6	5.0	-63.2	73.2	43.3	22.7	57.8	-76.2	0	
		1998									
		1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	
1992 → 1998	Construído (A)	1	63.7	23.1	7.3	1.7	1.3	1.8	0.5	0.6	100
	Construído (B)	2	12.7	36.4	16.7	7.6	9.4	14.5	1.8	0.9	100
	Cultivado (A)	3	19.7	25.3	23.6	10.2	6.5	7.6	1.1	6.1	100
	Cultivado (B)	4	1.1	5.0	7.2	22.4	8.2	44.7	11.5	0.0	100
	Solo Exposto	5	1.8	8.0	7.8	13.8	24.0	27.9	16.5	0.2	100
	Pastagem/Grama	6	1.4	7.3	13.7	16.2	10.8	41.9	8.3	0.4	100
	Vegetação	7	0.3	1.1	0.9	5.9	4.5	8.9	78.3	0.1	100
	Água	8	5.2	3.8	7.0	2.2	2.1	1.4	0.1	78.3	100
	Δ	5.9	10.0	-15.9	-20.1	-33.2	48.7	18.0	-13.4	0	
		2004									
		1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	
1998 → 2004	Construído (A)	1	58.2	32.9	3.4	1.0	2.9	1.1	0.3	0.2	100
	Construído (B)	2	14.3	53.3	3.5	7.5	10.8	7.6	1.9	1.2	100
	Cultivado (A)	3	8.5	25.8	11.7	16.0	14.4	17.9	4.2	1.6	100
	Cultivado (B)	4	0.8	6.1	8.1	27.4	14.9	20.6	20.2	2.0	100
	Solo Exposto	5	3.8	16.9	9.4	9.6	34.3	17.3	8.0	0.7	100
	Pastagem/Grama	6	1.1	6.7	5.1	23.3	15.2	38.0	10.2	0.4	100
	Vegetação	7	0.4	1.9	0.8	7.1	7.6	8.9	72.3	1.2	100
	Água	8	0.4	0.8	0.7	0.5	0.6	0.2	1.4	95.5	100
	Δ	-12.6	44.3	-57.3	-7.8	0.5	11.5	18.5	2.9	0	
		2010									
		1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	
2004 → 2010	Construído (A)	1	51.2	38.6	5.5	1.2	1.5	1.1	0.5	0.5	100
	Construído (B)	2	9.4	56.1	6.2	10.3	8.0	6.4	3.3	0.3	100
	Cultivado (A)	3	3.3	13.0	14.4	18.0	16.5	12.6	21.6	0.7	100
	Cultivado (B)	4	0.7	7.6	3.4	39.1	8.5	18.1	22.2	0.3	100
	Solo Exposto	5	2.1	16.6	6.5	23.3	20.7	11.8	18.9	0.2	100
	Pastagem/Grama	6	0.6	7.0	2.7	38.2	8.8	22.8	19.8	0.1	100
	Vegetação	7	0.3	1.6	0.9	11.5	3.9	2.3	79.3	0.2	100
	Água	8	0.5	3.2	0.6	11.2	4.1	1.2	9.0	70.1	100
	Δ	-31.9	43.8	-59.9	52.8	-28.2	-23.6	74.6	-27.6	0	
		2016									
		1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	
2010 → 2016	Construído (A)	1	61.3	34.3	3.0	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	100
	Construído (B)	2	10.5	64.4	4.5	9.9	4.6	3.4	2.3	0.5	100
	Cultivado (A)	3	9.1	32.6	15.3	9.5	12.3	5.8	15.1	0.5	100
	Cultivado (B)	4	1.5	8.2	3.4	36.4	9.2	16.5	24.1	0.8	100
	Solo Exposto	5	3.9	21.3	8.3	20.8	19.1	11.9	13.6	1.1	100
	Pastagem/Grama	6	2.3	11.3	5.0	30.8	9.0	31.3	10.2	0.1	100
	Vegetação	7	0.5	2.3	1.7	11.0	6.3	4.0	74.0	0.2	100
	Água	8	0.5	3.0	0.4	2.2	0.8	0.8	2.5	89.9	100
	Δ	-10.4	77.4	-58.4	21.0	-38.5	-26.2	41.9	-6.9	0	

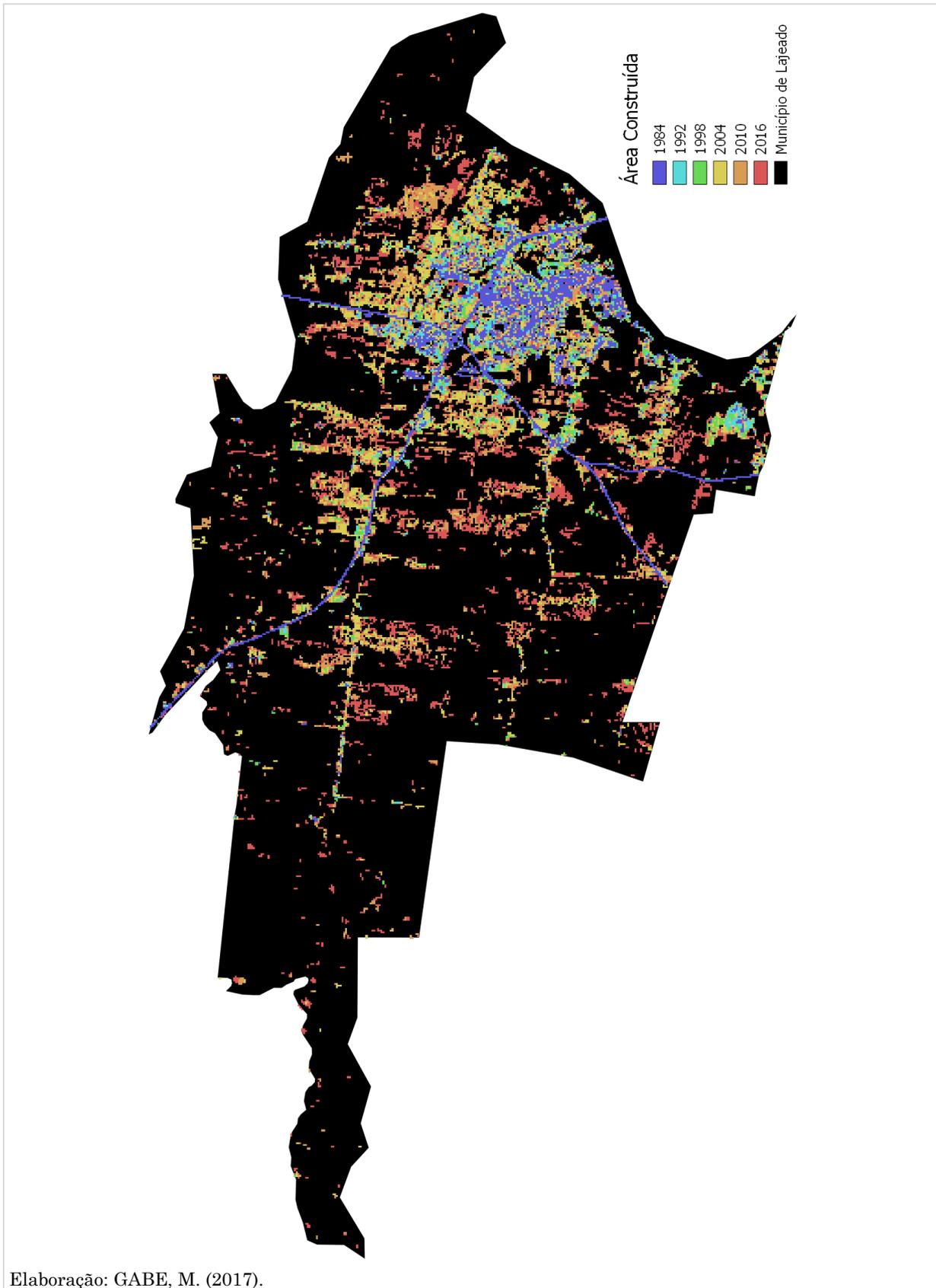
Elaboração: GABE, M. (2017).

Anexo 11. Tabela de 'estatísticas por classe' para cada período de transição (modelo de 4 classes).

		Área (km ²)			Porcentagem (%)			
1984 → 1992		1984	1992	Δ	1984	1992	Δ	
	Construído	1	14.42	11.93	-2.5	16.0	13.2	-2.8
	Outros	2	51.23	53.61	2.4	56.8	59.4	2.6
	Vegetação	3	19.11	23.28	4.2	21.2	25.8	4.6
	Água	4	5.47	1.43	-4.0	6.1	1.6	-4.5
1992 → 1998		1992	1998	Δ	1992	1998	Δ	
	Construído	1	11.93	12.81	0.9	13.2	14.2	1.0
	Outros	2	53.6	51.23	-2.4	59.4	56.8	-2.6
	Vegetação	3	23.28	24.67	1.4	25.8	27.3	1.5
	Água	4	1.43	1.53	0.1	1.6	1.7	0.1
1998 → 2004		1998	2004	Δ	1998	2004	Δ	
	Construído	1	12.81	17.31	4.5	14.2	19.2	5.0
	Outros	2	51.23	46.8	-4.4	56.8	51.9	-4.9
	Vegetação	3	24.67	23.75	-0.9	27.3	26.3	-1.0
	Água	4	1.53	2.38	0.9	1.7	2.6	0.9
2004 → 2010		2004	2010	Δ	2004	2010	Δ	
	Construído	1	17.33	18.58	1.2	19.2	20.6	1.4
	Outros	2	46.85	40.81	-6.0	51.9	45.2	-6.7
	Vegetação	3	23.78	29.06	5.3	26.3	32.2	5.8
	Água	4	2.38	1.9	-0.5	2.6	2.1	-0.5
2010 → 2016		2010	2016	Δ	2010	2016	Δ	
	Construído	1	18.58	22.45	3.9	20.6	24.8	4.3
	Outros	2	40.81	36.59	-4.2	45.2	40.5	-4.7
	Vegetação	3	29.06	29.21	0.2	32.2	32.3	0.2
	Água	4	1.9	2.1	0.2	2.1	2.3	0.2

Elaboração: GABE, M. (2017).

Anexo 12. Mapa temático de evolução da 'mancha urbana' de Lajeado/RS de 1984 à 2016.

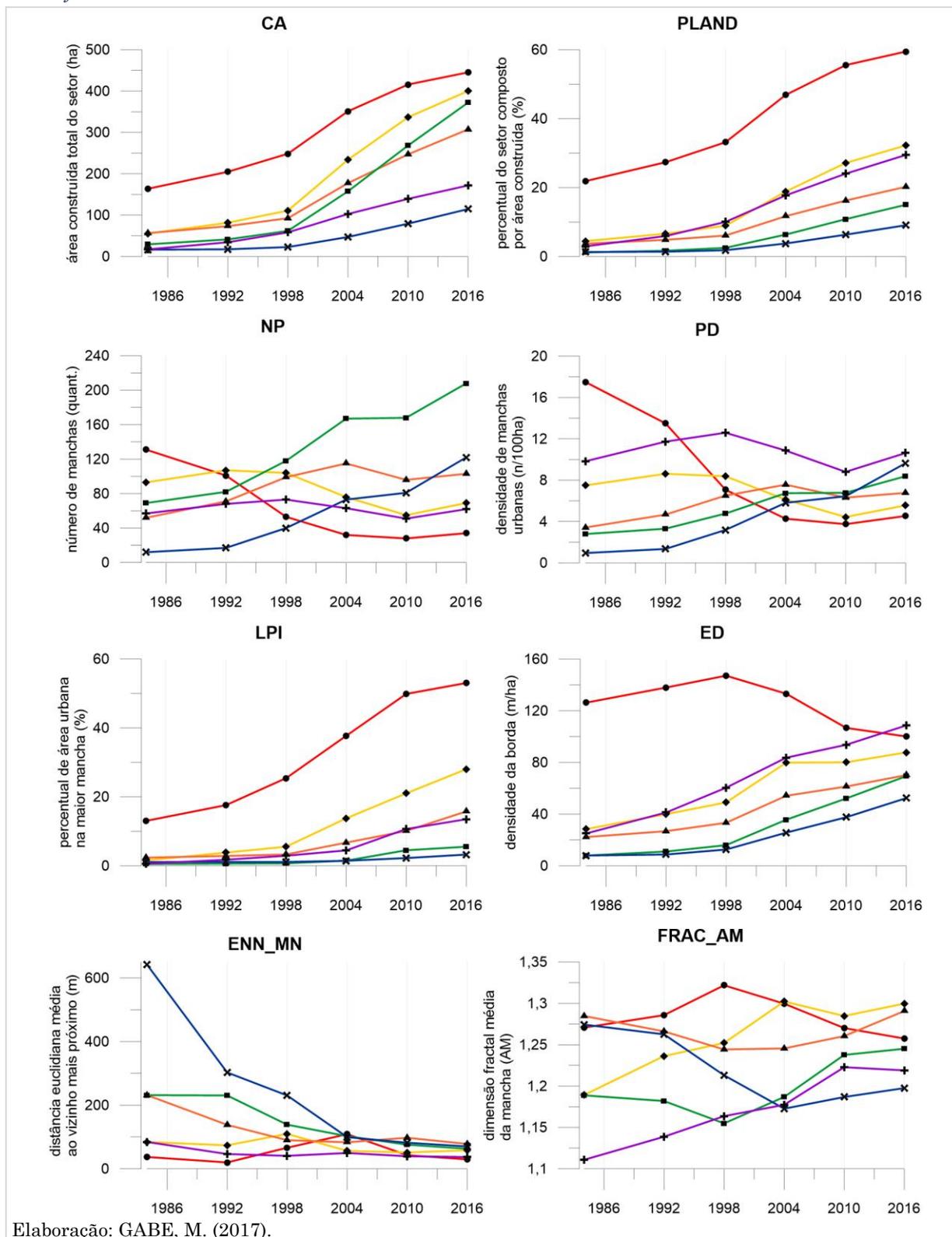


Anexo 13. Resumo dos dados socioeconômicos para os bairros que compõem os setores de análise de Lajeado / RS.

SETOR	BAIRRO	POPULAÇÃO (hab)	ÁREA (ha)	DENSIDADE (hab/ha)	RENDA (R\$/mês)
CENTRO	Americano	2684	68.4	34.1	2746
	Centro	7055	173.1	35.5	2045
	Florestal	4999	114.1	38.1	2095
	Hidráulica	2368	203.2	10.1	2226
	Moinhos	5528	303.9	15.8	2263
	TOTALMÉDIA		22634	862.7	26.2
NORTE	Alto do Parque	1618	109.8	12.8	3595
	Carneiros	1279	635.3	1.8	2038
	São Cristóvão	7039	224.8	27.2	1931
	Universitário	3750	460.3	7.1	1522
	TOTALMÉDIA		13686	1430.2	9.6
NOROESTE	Campestre	1985	207.3	8.3	1089
	Centenário	1704	115.0	12.9	988
	Igrejinha	936	177.7	4.6	679
	Imigrante	666	815.0	0.7	946
	Planalto	1502	199.2	6.6	665
	Olarias	2195	200.8	9.5	969
	Santo André	1966	35.9	47.7	864
	TOTALMÉDIA		10954	1751.0	6.3
OESTE	Bom Pastor	1118	331.1	2.9	1142
	Conventos	3423	1826.6	1.6	921
	Moinhos d'Água	2152	463.7	4.0	1045
	Montanha	4000	232.5	15.0	1677
	TOTALMÉDIA		10693	2854.0	3.7
SUDOESTE	São Bento	1525	963.8	1.4	1021
	Floresta	500	492.6	0.9	1118
	TOTALMÉDIA		2025	1456.3	1.4
SUL	Conservas	2336	105.9	19.2	819
	Das Nações	584	68.7	7.4	698
	Jardim do Cedro	3692	289.4	11.1	877
	Morro 25	1316	67.6	16.9	816
	Santo Antônio	3260	140.0	20.3	615
	TOTALMÉDIA		11188	671.6	16.7
LAJEADO		71180	9025.7	7.9	1385.6

Fonte: Censo IBGE 2010; Elaboração: GABE, M. (2017).

Anexo 14. Assinatura métrica temporal das métricas analisadas para todos os setores de análise de Lajeado / RS.



Anexo 15. Tabela síntese das variações das métricas da paisagem entre cada período, para cada setor de análise de Lajeado / RS.

		CA/PLAND	NP /PD	LPI	ED	FRAC	ENN
CENTRO	1984/1992	25.1	-22.9	35.2	9.3	1.2	-4.1
	1992/1998	21.3	-47.5	44.5	6.7	2.8	10.3
	1998/2004	41.3	-39.6	48.3	-9.5	-1.7	35.4
	2004/2010	18.5	-12.5	32.2	-19.9	-2.3	-14.1
	2010/2016	7.1	21.4	6.4	-6.1	-1.0	-10.0
NORTE	1984/1992	47.7	15.1	149.8	40.4	4.0	-5.5
	1992/1998	35.6	-2.8	44.8	22.8	1.3	17.2
	1998/2004	111.3	-26.9	148.4	62.8	4.0	-12.6
	2004/2010	43.9	-27.6	52.9	0.4	-1.4	-0.6
	2010/2016	18.8	25.5	33.4	9.5	1.2	-5.6
NOROESTE	1984/1992	30.0	36.5	21.7	20.8	-1.5	-0.9
	1992/1998	26.3	39.4	15.1	24.3	-1.7	-15.7
	1998/2004	91.7	16.2	104.0	62.6	0.1	-9.7
	2004/2010	39.1	-16.5	50.9	13.1	1.2	8.9
	2010/2016	24.5	7.3	55.8	14.5	2.4	-7.4
OESTE	1984/1992	41.4	18.8	19.3	38.7	-0.6	-4.1
	1992/1998	50.0	43.9	18.0	45.4	-2.3	-27.8
	1998/2004	154.6	41.5	105.6	123.3	2.8	-11.5
	2004/2010	70.4	0.6	205.7	46.1	4.3	-6.9
	2010/2016	38.5	23.8	23.1	33.1	0.6	-10.7
SUDOESTE	1984/1992	6.6	41.7	1.3	10.2	-0.9	-42.4
	1992/1998	30.1	135.3	0.0	43.7	-3.9	-12.8
	1998/2004	108.8	82.5	30.7	104.6	-3.3	-44.0
	2004/2010	68.3	11.0	56.5	46.4	1.2	-9.5
	2010/2016	43.4	50.6	44.6	39.4	0.9	-12.5
SUL	1984/1992	101.6	19.3	180.0	65.0	2.5	-13.6
	1992/1998	69.6	7.4	67.0	46.4	2.2	-1.6
	1998/2004	76.5	-13.7	54.0	38.5	1.2	2.0
	2004/2010	35.6	-19.0	138.2	11.9	3.9	-4.5
	2010/2016	22.7	21.6	27.0	16.0	-0.3	-3.5

Elaboração: GABE, M. (2017).

