

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Administração e Turismo e Faculdade de Agronomia
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas
Agroindustriais



Dissertação de Mestrado

**ANÁLISE AMBIENTAL DOS PROCESSOS DINÂMICOS DO USO E
COBERTURA DA TERRA SOBRE AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE PELOTAS ENTRE OS ANOS DE 1985 E
2015.**

Samanta Tolentino Cecconello

Pelotas, 2017

Samanta Tolentino Cecconello

**ANÁLISE AMBIENTAL DOS PROCESSOS DINÂMICOS DO USO E
COBERTURA DA TERRA SOBRE AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE PELOTAS ENTRE OS ANOS DE 1985 E
2015.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais da Faculdade de Administração e Turismo e Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. Robson Andreazza

Coorientadores: Prof. Dr. Rogério Campos

Prof. Dr. Maurício Quadro

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C387a Cecconello, Samanta Tolentino

Análise ambiental dos processos dinâmicos do uso e cobertura da terra sobre as áreas de preservação permanente no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015 / Samanta Tolentino Cecconello ; Robson Andreazza, orientador ; Rogério Campos, Maurício Quadro, coorientadores. — Pelotas, 2017.

98 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento territorial e sistemas agroindustriais, Faculdade de Administração e Turismo, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Sensoriamento remoto. 2. Planejamento urbano. 3. Conflitos legais. 4. Desenvolvimento territorial. I. Andreazza, Robson, orient. II. Campos, Rogério, coorient. III. Quadro, Maurício, coorient. IV. Título.

CDD : 621.3678

Samanta Tolentino Cecconello

Análise ambiental dos processos dinâmicos do uso e cobertura da terra sobre as áreas de preservação permanente no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015.

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Faculdade de Administração e Turismo e Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 23/08/2017

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Robson Andreazza (Orientador)
Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof^a. Dra. Diuliana Leandro
Doutora em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná.

Prof. Dr. Alisson Eduardo Maehler
Doutor em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dedico este trabalho a todos aqueles que mesmo com pequenas ações, tentam melhorar o ambiente em que vivem.

Agradecimentos

Agradecer é uma forma de reconhecer que não conseguiríamos chegar sozinhos, muito menos, caminhar sozinhos, é salientar a importância de cada um dos que estiveram comigo e que deram o que tinham de melhor.

Sou muito grata a Deus por tudo o que tenho, pelo que sou e pelo que tenho tentado ser. Agradeço por todos os momentos que tem me proporcionado crescer e refletir, por estar rodeada de pessoas maravilhosas e pelos momentos compartilhados.

Agradeço imensamente a todos os amigos espirituais que estiveram comigo desde o início deste desafio e que me incentivaram a perseverar, me inspiraram e que me deram forças para finalizar esta etapa.

À minha mãe Luciane por todo o seu amor, cumplicidade, paciência e por sempre estar ao meu lado, me mostrando que a sabedoria não necessariamente está em uma universidade, mas sim, na consciência tranquila e no coração puro, obrigada por encontrar em ti sempre uma palavra de conforto, um sorriso e um abraço único. És meu porto seguro, e meu maior exemplo. Te amo!

Minha irmã Sâmara obrigada por ser tão maravilhosa e ter me dado a joia mais cara do mundo, a sobrinha mais linda, sapeca, amada e que tem me mostrado o real valor da vida. Julinha, obrigada por me fazer repensar sobre minhas ações neste mundo e sobre como posso transforma-lo para que tu possas viver bem. Maria Eduarda, minha irmã caçula, obrigada por ver em ti um pouco de mim, por saber que me tens como exemplo, aumentando a minha responsabilidade de irmã mais velha, estarei sempre ao teu lado. Amo vocês minhas bruxinhas. Ao meu “paidrasto” agradeço todo apoio e carinho de sempre. Obrigada família por entenderem a minha ausência e minhas visitas rápidas nos fins de semana. Amo vocês infinitamente...

Agradeço à minha amiga e parceira Luana Centeno, por toda a ajuda que a mim foi dispensada durante toda a minha caminhada, pelas risadas, pelos momentos tensos, pela companhia nas madrugadas, pelas conversas filosóficas e revolucionárias e por ser tão especial.

Agradeço aos meus anjinhos de quatro patas, minhas filhas Sophya, Lara e Kiara por toda a paciência e pelo amor que por mim demonstram ter, peço desculpas pelos dias em que não brincamos, pelas horas que deixei de estar junto a vocês, pelos ossinhos para compensar a minha desatenção, mas agradeço todos os dias por tê-las comigo, por me proporcionarem momentos tão únicos e mágicos e principalmente por me mostrarem que o amor é tão simples.

Agradeço à profª Drª. Diuliana Leandro por ter me apresentado o Geoprocessamento e as inúmeras possibilidades que ele traz, assim como por toda a paciência que teve para comigo, todo carinho e atenção durante este tempo. Sou imensamente grata por tudo e aqui não caberiam palavras para agradecer.

Ao meu orientador prof. Dr. Robson Andreazza pelas sugestões, paciência e confiança que sempre dedicou a minha pessoa.

Ao prof. Dr. Maurício Quadro pelas inquietações que me deixaram, noites sem dormir, mas que ao final, foram de extrema importância para que este momento chegasse.

Ao prof. Dr. Rogério Campos pelas ideias e questionamentos que me proporcionaram refletir sobre o que de fato estava querendo executar.

Meus sinceros agradecimentos à minha amiga Denise Vieira que trabalhou muito para que este trabalho fosse possível.

Aos amigos e colegas que de alguma forma contribuíram com este trabalho e principalmente com o meu amadurecimento e crescimento pessoal.

Aos professores com quem pude conviver e construir o conhecimento, vocês certamente deixaram suas marcas em meu ser, sejam elas positivas ou negativas, mas que de alguma forma me fizeram ser um ser melhor.

Aproveito para agradecer ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio-Grandense Câmpus Pelotas pela oportunidade concedida para que pudesse realizar o curso de Mestrado.

Por fim, agradeço a banca pelo aceite e principalmente por saber que valiosas contribuições engrandecerão ainda mais este trabalho.

MUITO OBRIGADA!!

*“Quando tiverdes plena certeza de algo, recomece, pois
algo se perdeu pelo caminho! ”
(Espírito de Verdade)*

Resumo

CECCONELLO, Samanta Tolentino. **Análise ambiental dos processos dinâmicos do uso e cobertura da terra sobre as áreas de preservação permanente no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015.** 2017. 98f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Faculdade de Administração e Turismo e Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

O presente estudo busca analisar as alterações ambientais decorrentes da dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Pelotas, sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs), sob a perspectiva de uso e desenvolvimento do município entre os anos de 1985 e 2015. Tendo em vista que as APPs vêm sofrendo intensas modificações nas suas condições naturais, em decorrência de interferências antrópicas, devido ações que visam o desenvolvimento econômico do município. Para isso, este estudo foi desmembrado em duas partes. A primeira objetivou-se demonstrar a dinâmica do uso territorial, com a análise temporal do uso e cobertura da terra no município de Pelotas, RS entre os anos de 1985 a 2015, sendo estes espaçados de 5 em 5 anos. Utilizou-se, para tanto de sensoriamento remoto, por meio das imagens LANDSAT 5 e 8 bem como de ferramentas de geoprocessamento. Já na segunda parte deste estudo, utilizou-se do geoprocessamento para identificar, delimitar, analisar e mapear os conflitos entre uso e cobertura da terra e as áreas de preservação permanente no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015. Com base neste estudo e na legislação vigente foi possível observar que as mudanças ocorridas entre os anos de 1985 e 2015 no uso e cobertura da terra vem alterando as áreas de importância ambiental, necessitando de medidas mitigadoras para os efeitos antrópicos na área estudada, e que dentre outros apontamentos cabe ressaltar ainda, que as mudanças ocorridas apresentam relação com a expansão urbana.

Palavras-Chaves: sensoriamento remoto; planejamento urbano; conflitos legais; desenvolvimento territorial.

Abstract

CECCONELLO, Samanta Tolentino. **Environmental analysis of the dynamic processes of land use and land cover on areas of permanent preservation in the municipality of Pelotas among 1985 and 2015.** 2017. 98f. Dissertation (Master Territorial Development and Agroindustrial Systems). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Faculdade de Administração e Turismo e Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

The present study seeks to analyze the environmental changes resulting from the land use and land cover dynamics of the municipality of Pelotas on Permanent Preservation Areas (APPs), under the perspective of use and development of the municipality among 1985 and 2015. Considering that the APPs have been strong changes in their natural conditions, as a result of anthropic interference, they are disincentive for actions that aim at the economic development of the municipality. So, this study was divided into two parts. The first study aimed to demonstrate the dynamics of land use, with the temporal analysis of land using and land covering at Pelotas, RS among 1985 and 2015, spaced at every 5 years. The LANDSAT 5 and 8 images were used for remote sensing as well as geoprocessing tools. In the second part of this study, geoprocessing was used to identify, delimit, analyze the map conflicts between land using and land covering of the permanent preservation areas at Pelotas among 1985 and 2015. According to the current legislation, it was possible to see the changes that occurred among 1985 and 2015 in land using and land covering have been changing the areas of environmental importance, requiring mitigating measures for the anthropic effects in the studied area. Although, the changes occurred are related to the urban expansion.

Keywords: remote sensing; urban planning; legal conflicts; territorial development.

Lista de Figuras

Figura 1: Espectro eletromagnético.....	29
Figura 2: Localização do município de Pelotas/RS	40
Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Pelotas entre os anos de 1985 a 2015.....	56
Figura 4: Percentual da área das classes de uso e ocupação da terra entre os anos de 1985 a 2015.....	58
Figura 5: Hidrografia do município de Pelotas/RS.....	64
Figura 6: Fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reserva Particular Permanente Natural (RPPN) para o município de Pelotas.....	67
Figura 7: Delimitação das Áreas de Preservação Permanente Legais.	68
Figura 8: Mapa temático de uso e ocupação da terra para o ano de 1985.	70
Figura 9: Conflitos de uso e cobertura da terra para o ano de 1985.	71
Figura 10: Mapa temático de uso e ocupação da terra para o ano de 2015. ...	74
Figura 11: Conflitos de uso e cobertura da terra para o ano de 2015.	74
Figura 12: Detalhe do trecho do Arroio Pelotas entre os anos de 1985 e 2015	77

Lista de Tabelas

Tabela 1: Delimitações das áreas de preservação permanente.....	26
Tabela 2: Características do LANDSAT-5 e suas resoluções espaciais e espectrais.....	33
Tabela 3: Característica do LANDSAT-8 e suas resoluções espaciais e espectrais.....	34
Tabela 4: População residente do município de Pelotas, RS entre os anos de 1985 e 2015	40
Tabela 5: características das imagens utilizadas para a classificação do uso e ocupação da terra do município de Pelotas entre 1985 e 2015	47
Tabela 6 - Tipos de amostras e suas características para classificação das imagens de 1985 a 2015.....	51
Tabela 7 - Faixa de classificação do Índice Kappa	52
Tabela 8: Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2010	53
Tabela 9: Classes de uso e ocupação das terras e suas respectivas cores em RGB	54
Tabela 10: Precisão da classificação através da exatidão global e índice Kappa.....	54
Tabela 11: Classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas áreas 1985 - 2015	57
Tabela 12: Áreas das APPs Legais de acordo com as classes: cursos d'água, nascentes, lagos/laguna e RPPN.....	69
Tabela 13 - Conflitos nas Áreas de Preservação Permanentes em Pelotas/RS no ano de 1985.	71
Tabela 14: Dinâmica do uso e cobertura da terra sobre as APPs no ano de 1985.	72
Tabela 15 - Conflitos nas Áreas de Preservação Permanentes em Pelotas/RS no ano de 2015.	75
Tabela 16: Dinâmica do uso e cobertura da terra sobre as APPs no ano de 2015.	75

Sumário

1 Introdução	14
2 Revisão Bibliográfica.....	17
2.1 Urbanização e desenvolvimento sustentável	17
2.2 Planejamento territorial e ambiental.....	21
2.3 Geotecnologias e os conflitos de terras	27
2.3.1 Sensoriamento remoto	29
2.3.1.1 Sensores da série LANDSAT	32
2.3.1.2 Processamento digital de imagens.....	35
2.3.1.2.1 Pré-processamento	35
2.3.1.2.2 Realce de imagens.....	36
2.3.1.2.3 Classificação de imagens.....	36
2.3.1.2.4 Exatidão da classificação das imagens de satélite.....	38
2.3.2 Análise temporal.....	39
2.4 Características e localização da área de estudo	39
3 Hipótese	43
4 Objetivos	44
4.1 Geral.....	44
4.2 Específicos	44
5 Capítulo 1 – Análise da variação do uso da terra no município de Pelotas, RS entre 1985 e 2015	45
5.1 Introdução	45
5.2 Metodologia.....	47
5.2.1 Área de estudo	47
5.2.2 Pré-processamento dos dados.....	47
5.2.3 Classificação multiespectral supervisionada das imagens.....	50
5.3 Resultados e Discussão	54
5.4 Conclusão	59
6 Capítulo 2 – Análise dos conflitos entre a legislação ambiental e o uso da terra sobre áreas de preservação permanente no município de Pelotas – RS	60
6.1 Introdução	60
6.2 Metodologia.....	63
6.3 Resultados e Discussão	68

6.3.1 Dinâmica dos conflitos legais entre uso e cobertura da terra e as áreas de Preservação Permanente no ano de 1985	69
6.3.2 Dinâmica dos conflitos legais entre uso e cobertura da terra e as áreas de Preservação Permanente no ano de 2015	73
6.4 Conclusão	78
7 Considerações Finais	79
Referências	80
APÊNDICES.....	92
APÊNDICE A - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 1985	93
APÊNDICE B - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 1990	94
APÊNDICE C - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 1995	95
APÊNDICE D - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2000	96
APÊNDICE E - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2005	97
APÊNDICE F - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2005	98

1 Introdução

As alterações causadas no meio ambiente decorrente das atividades antrópicas tem sido um grande problema ambiental, que vem se intensificando desde a Revolução Industrial. Porquanto que a industrialização contribuiu para o aumento na extração dos recursos naturais que serviriam de matéria-prima para a fabricação de produtos que seriam consumidos nas cidades e no campo (GUIMARÃES, 1979; MEGIATO, 2011; SILVA et al., 2014).

A industrialização também auxiliou para o êxodo rural, ou seja, muitos agricultores migraram do campo para as cidades em busca de emprego e melhores condições de vida, acelerando o processo de urbanização. Frente a isso, ocorreu um crescimento na geração de resíduos sólidos, poluição dos recursos hídricos, além da ocupação de áreas de interesse ambiental e ou de risco (GUIMARÃES, 1979; SILVA et al., 2014).

Outrora a degradação ambiental que ocorria de forma acelerada apenas nas cidades, a partir da revolução industrial, começava a ganhar força também no campo, por meio da Revolução Verde. Sendo que esta objetivou o aumento da produção agrícola através da modificação de sementes, uso de agrotóxicos, mecanização no campo e uso de fertilizantes químicos.

Por conseguinte, esta expansão agrícola provocou impactos ambientais como desmatamentos, compactação do solo, favorecimento de processos erosivos, dentre outros, a introdução de substâncias tóxicas nos cursos d'água (BALSAN, 2006; GLIESSMAN, 2008).

Contudo na década de 70 iniciaram-se os debates sobre os impactos que a sociedade mundial estaria causando sobre os recursos naturais. A partir destes encontros surgiu o termo “desenvolvimento sustentável” que pode ser entendido como o desenvolvimento que busca atender as exigências atuais da sociedade, de modo que garanta que as futuras gerações possam sanar as suas necessidades (GLIESSMAN, 2008). Sendo assim, é necessário que os

municípios tomem ciência da sua realidade através do conhecimento dos seus potenciais naturais e de suas vulnerabilidades, de modo que passem a desenvolver-se de maneira racional e equilibrada, preservando o meio ambiente e garantindo qualidade de vida às futuras gerações.

Os impactos ambientais ocorridos dentro de uma região podem ser estudados através da análise rural e ou urbana. Sendo que os impactos que afetam a zona rural estão ligados ao uso e manejo inadequado do solo, a contaminação dos mananciais subterrâneos e superficiais com substâncias tóxicas oriundas dos agrotóxicos e fertilizantes inorgânicos, assim como pelo despejo inadequado de esgotos domésticos e de resíduos sólidos. Já os impactos ambientais nas zonas urbanas são geralmente decorrentes do processo de urbanização, como por exemplo, a supressão da vegetação nativa para dar lugar a novas habitações e ou indústrias (CORADI; FIA; PEREIRA-RAMIREZ, 2009; TUCCI, 2012).

Porquanto, a urbanização provoca um aumento nas áreas de impermeabilização do solo decorrentes da pavimentação das vias públicas (TUCCI, 2012; POLETO, 2014), além de aumentar a geração de esgotos domésticos e de resíduos sólidos que muitas vezes são destinados de modo inadequado, e acabam se depositando nas redes de drenagem das cidades. Esta disposição final inadequada favorece o acúmulo destes resíduos nas tubulações de esgoto e águas pluviais. Por conseguinte, com a precipitação são carregados para pontos mais baixos da rede de drenagem, entupindo as mesmas, provocando enchentes e a transmissão de doenças de veiculação hídrica (TUCCI, 2012; SILVA et al., 2014).

Outro viés relacionado ao crescimento urbano é que quando ocorrido sem planejamento e fiscalização, favorece a ocupação de áreas de risco, próximas às encostas de morros, planícies de inundação, assim como de áreas de proteção permanente ou de interesse ambiental (TUCCI; BERTONI, 2003).

Deste modo, o planejamento e a gestão territorial são primordiais para a sustentabilidade dos municípios de acordo com estudos do Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Habitação e Urbanismo – CAOP (2017).

Neste sentido o planejamento e gestão territorial são importantes para o município de Pelotas, objeto de estudo deste trabalho, uma vez que este vem sofrendo intensas modificações por interferências antrópicas, decorrentes de ações que visam o desenvolvimento econômico do município, e que ocasionam alterações nas suas condições naturais, provocadas pelas diversas coberturas e uso da terra, principalmente em áreas denominadas de Áreas Especiais de Interesse do Ambiente Natural (AEIAN) e em Áreas de Preservação Permanente (APP) (PELOTAS, 2008). Vale ressaltar ainda que a agricultura, pecuária, extração de areia, pesca e lazer são outras atividades antrópicas que potencializam a degradação ambiental no município de Pelotas.

A análise ambiental dos ambientes impactados pela ação antrópica, tanto em ambiente urbano quanto rural, influenciam diretamente na qualidade ambiental da região (SILVEIRA et al., 2014). O monitoramento dos impactos que ocorrem em áreas de importância ambiental de um município é uma tarefa muito difícil, pois muitas vezes os municípios não têm recursos financeiros disponíveis para tal operação.

Uma das alternativas de baixo custo e com uma alta frequência de monitoramento pode ser obtida através da análise criteriosa de imagens de satélite, pois esta proporciona muitas informações importantes para avaliar a cobertura e uso da terra ao longo do tempo (HUANG et al., 2015; SHUKLA; KHIREE; GEDAM, 2014). Sendo assim, o objetivo deste estudo é analisar as alterações ambientais decorrentes da dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Pelotas, sobre as Áreas de Preservação Permanente, entre os anos de 1985 e 2015.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Urbanização e desenvolvimento sustentável

O processo de crescimento populacional em que passam todos os países do globo ao longo dos anos, pode ser analisada através das transformações demográficas sugeridas inicialmente por Warren Thompson em 1929, na qual discordava da teoria de Thomas Malthus, que dizia que a população do planeta seguiria de acordo com uma progressão geométrica, enquanto que a produção de alimentos seguiria de acordo com uma progressão aritmética, ou seja, a teoria demográfica proposta por Thompson, defendia que a população mundial passaria por diferentes fases de crescimento: pré transição demográfica, explosão demográfica, redução do crescimento demográfico, crescimento muito baixo ou nulo e a quinta fase implosão demográfica (ÁVILA; MACHADO, 2015).

A primeira etapa chamada de pré transição demográfica era característica de países rurais, na qual a natalidade e mortalidade apresentavam altos índices, resultando em baixíssimas taxas de crescimento populacional (MATOS; LIMA FILHO, 2006). Esta etapa foi característica de todos os países, porém, esta fase se estendeu até a metade do século XVIII, quando se iniciou a Revolução Industrial. Hoje não há nenhum país nesta fase de crescimento populacional (SPOSITO, 2008).

Quando os países iniciaram os processos de industrialização e passaram a se urbanizar, houve uma migração da população até então rural, para as cidades, ou seja, a industrialização contribuiu para o êxodo rural, dessa forma muitos agricultores migraram do campo para as cidades em busca de emprego e melhores condições de vida, acelerando o processo de urbanização (ÁVILA; MACHADO, 2015). Nas cidades a população passou a ter acesso à medicamentos, vacinas, hospitais; o que em um primeiro momento

proporcionou uma diminuição da mortalidade, assim, estes países tiveram um rápido crescimento demográfico, também denominada de explosão demográfica (SPOSITO, 2008).

No Brasil, segundo Santos (2013), esta etapa foi característica das décadas de 30 a 60. A partir dos anos 70 principalmente 80, o Brasil entrou na terceira etapa do crescimento populacional, mais conhecida como redução do crescimento demográfico (NASCIMENTO; LIMA; SANTOS, 2002). Esta fase ficou marcada pela percepção que a população urbana teve sobre os custos de vida na cidade, na qual eram muito maiores que os custos no meio rural (SPOSITO, 2008). Neste momento surge a mão de obra feminina apoiada pelos movimentos feministas, com isso a mulher passou a complementar a renda da família para manterem-se na cidade. A mulher passou a ter menos tempo para dedicar-se ao lar e aos filhos, além de possuírem acesso aos métodos contraceptivos (ÁVILA; MACHADO, 2015). Assim, houve uma diminuição nas taxas de natalidade. Nesta época a globalização passou a interferir nos fluxos das migrações internacionais o que promoveu uma manutenção no crescimento demográfico (SPOSITO, 2008). Segundo Santos (2013) e Pichler et al. (2014), o Brasil encontra-se nesta etapa até o presente momento.

Já a quarta etapa também chamada de crescimento muito baixo ou nulo é caracterizado pelas baixas taxas de mortalidade e natalidade, esta etapa é característica dos países desenvolvidos, com exceção da China que é um país emergente e que se encontra nesta fase (PICHLER et al., 2014). A quinta e última etapa da transição demográfica é a chamada implosão demográfica, cuja a mortalidade é superior a natalidade (PICHLER et al., 2014)

O êxodo rural, a consequente urbanização e com ela o alto custo de vida nas cidades são fatores que podem explicar a diminuição dos índices de natalidade. Já o acesso a saúde e ao saneamento básico podem explicar a queda da mortalidade (ÁVILA; MACHADO, 2015). Partindo desta compreensão podemos concordar com Santos (2013) quando afirma que o Brasil ainda se encontra na terceira etapa de crescimento populacional.

Segundo Matos e Baeninger (2008) e Santos (2013) o Brasil teve um rápido crescimento demográfico entre as décadas de 30 e 60, sendo que em

1970 a população urbana ultrapassou a população rural, devido aos processos migratórios internos do país, promovidos pelo novo modelo de desenvolvimento econômico que incentivava a modernização agrícola e industrial, resultando então em um aumento expressivo da população urbana, o que promoveu um processo de urbanização de 42,51% neste período segundo os autores supracitados.

Contudo, cabe ainda destacar a diferença entre crescimento urbano e urbanização. Crescimento urbano refere-se ao aumento dos limites físicos da área urbana, aumento da infraestrutura urbana através do aumento de imóveis, hospitais, escola, dentre outros. A urbanização é o aumento da população urbana, ou seja, quando há migração da população do campo para a cidade, quando o crescimento populacional urbano é superior ao crescimento populacional rural (UGEDA JÚNIOR, 2014).

Sendo assim, podemos compreender o território urbano como sendo uma área de um determinado município, caracterizada pela existência de pelo menos dois equipamentos públicos, tais como: vias públicas pavimentadas; rede de abastecimento de água potável; sistema de esgotamento sanitário, sistema de drenagem pluvial, rede de distribuição de energia dentre outros (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

O processo de urbanização traz consigo sérios problemas de ordem social, econômica e ambiental decorrentes da falta de planejamento urbano (UGEDA JÚNIOR, 2014). São exemplos de problemas da ordem social: macrocefalia, segregação social do espaço, favelização e déficit habitacional. Já o desemprego e a violência estão associados aos problemas econômicos. Por outro lado, as enchentes, deslizamentos de terra, poluição hídrica, do solo e do ar e as ilhas de calor são exemplos dos problemas ambientais (RIBEIRO; VARGAS, 2015).

Como mencionado anteriormente, no Brasil o processo de urbanização se deu principalmente nos anos 70, devido ao novo modelo de desenvolvimento proposto, no qual teve o objetivo de alavancar determinadas regiões do país.

O novo modelo de desenvolvimento desta época foi proposto por Celso Furtado que defendia a ideia de desenvolvimento como dinamismo econômico (FURTADO, 1974).

Furtado acreditava que era preciso industrializar o país e inserir a população da periferia, dando meios de produção ou emprego para essa população, assim haveria produção e essa população iria consumir produtos da indústria, gerando uma dinâmica econômica (DINIZ, 2009). Ou seja, a ideia de desenvolvimento proposta para o país a partir desta época era baseada apenas no crescimento econômico.

Essa ideia de desenvolvimento tida como sinônimo de crescimento econômico teve início após a II Guerra Mundial (1939-1945), pois foi neste período que entrou em colapso a ideia anterior de desenvolvimento tida como progresso e este atrelado ao desenvolvimento tecnológico (MARTINS, 2015).

Segundo Oliveira (2012) esse colapso ocorreu, porque, os países envolvidos tinham agora preocupação em exterminar os problemas causados pela guerra, como a miséria, o desemprego, as desigualdades políticas e econômicas, bem como a desigualdade social, deste modo, aspiravam a busca por melhores condições de vida para que a população desfrutasse de seguridade econômica e social.

A ideia de desenvolvimento visto como crescimento econômico desencadeou disputas sociais e com elas desigualdades sociais, uma vez que as nações desenvolvidas passaram a ser aquelas que produzem continuamente, ou seja, as que mais acumulam bens, sem se preocupar com a forma de produção e nos efeitos de tal acumulação. Sendo assim, o crescimento econômico acaba sendo uma condição necessária, mas não suficiente para o desenvolvimento (OLIVEIRA, 2012).

Na década de 70 iniciaram-se os debates sobre os impactos que a sociedade mundial estaria causando sobre os recursos naturais. A partir destes encontros em Estocolmo é que surge o termo “Ecodesenvolvimento” que pode ser entendido como o desenvolvimento que busca conciliar as questões sociais e econômicas com a gestão prudente dos recursos naturais (MONTIBELLER FILHO, 1993).

Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cnumad), foi reconhecido o conceito de “Desenvolvimento Sustentável” como sendo aquele que deve atender as exigências atuais da sociedade, de modo que garanta que as futuras gerações possam sanar as suas necessidades (GLIESSMAN, 2008).

A diferença entre os dois termos está em que Ecodesenvolvimento volta-se ao atendimento das necessidades básicas da população através de tecnologias apropriadas, já o termo “Sustentável” está atrelado a uma política ambiental com as futuras gerações e a responsabilidade comum com os problemas globais (MONTIBELLER FILHO, 1993).

Para Oliveira (2012) a concepção de desenvolvimento sustentável está centrada na exigência de se promover o desenvolvimento econômico satisfazendo os interesses da geração presente, sem, contudo, comprometer a geração futura. Para o autor, só é possível pensar em desenvolvimento após pensarmos primeiro na promoção da qualidade de vida da população, através da melhoria na saúde, educação, redistribuição de renda, lazer e preservação do meio ambiente.

Segundo Nogueira (2015), o desenvolvimento sustentável deve levar em consideração as três esferas do desenvolvimento através da visão do economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente equilibrado. Sendo assim, ele deve promover o equilíbrio entre a vida em sociedade, a utilização sustentável dos recursos naturais disponíveis no território e o crescimento econômico.

Portanto, se faz necessário que cada município e região conheçam suas necessidades e seus potenciais, de modo que passem a buscar desenvolver-se de maneira racional e equilibrada, preservando o meio ambiente e garantindo qualidade de vida às futuras gerações. O planejamento territorial e ambiental é uma ferramenta necessária para que um município ou região busque a sua sustentabilidade.

2.2 Planejamento territorial e ambiental

A medida em que as cidades passavam a abrigar a população vinda do campo em busca de novas oportunidades de trabalho e qualidade de vida, as

áreas centrais das cidades passavam a ser comercializadas, seja pela compra ou pelo aluguel de terrenos ou construções.

Conforme estas áreas estavam sendo ocupadas, novas áreas são necessárias e estas cada vez se distanciam mais dos centros populacionais. Cria-se então as periferias ou áreas periféricas, que segundo Ugeda Júnior (2014) são áreas geralmente carentes de infraestrutura básica, como as de serviço de saneamento, habitação e transporte.

O crescimento urbano deveria vir acompanhado de melhores condições na infraestrutura urbana e consequentemente de uma melhor qualidade de vida (KOUCHER, 2014).

Porém, de acordo com Santos (2013) esse crescimento das cidades trouxe sérios problemas relacionados à falta de saneamento básico, poluição, intensificação e ocupação de áreas de interesse ambiental, falta de moradia e favelização, além do desemprego e economia informal que trouxeram consigo a necessidade de instrumentos jurídicos de controle mais restritivos na questão do uso e ocupação da terra. Esses são alguns dos motivos pelos quais se torna fundamental o planejamento e a gestão do território, evitando o crescimento desordenado das cidades e os impactos negativos na esfera social e ambiental (ALBANO, 2013).

Para Vitte (2015) o desenvolvimento de uma determinada cidade é afetado pelo seu território, de modo que o território através de suas componentes como os recursos naturais, também é impactado pelo desenvolvimento. O planejamento territorial e ambiental busca equilibrar os efeitos do desenvolvimento sobre o território e vice-versa.

A proposta do planejamento territorial e ambiental é proporcionar uma ordenação adequada ao município, buscando a equidade social, garantindo a preservação dos recursos naturais e promovendo a melhoria na qualidade de vida da população (NOGUEIRA, 2015).

Conforme Ignácio (2016), o Governo Federal conjuntamente com os estados e municípios devem elaborar as políticas de planejamento e gestão do território respeitando as especificidades de cada região, bem como estimulando a integração das ações de modo a diminuir as desigualdades do país.

Sendo assim, a Lei Federal nº 6.766/1979 que dispõe sobre o parcelamento do solo e dá outras providências, surgiu da necessidade de organizar o território brasileiro diante do caos em que estavam as cidades, devido ao crescente processo de urbanização e conseqüentemente do crescimento urbano em que consistia o país na década de 70.

É pertinente ressaltar que a Lei supracitada em seu art. 3, parágrafo único define as áreas em que será proibido o parcelamento do solo para fins urbanos, como as áreas em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas; em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados; em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Por conseguinte, em 1988 devido à democratização em que o Brasil vivia e decorrente de vários debates e questionamentos acerca dos direitos da população, dentre eles o direito de todos à cidade, é que foi elaborada a Constituição Federal de 1988 (FELICIO; FOSCHINI; SALVADOR, 2010).

Nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 emergiu a ideia do Estatuto das Cidades. Sendo que, no ano de 2001 foi publicada a Lei Federal nº 10.257/2001 conhecida como “Estatuto das Cidades” que define as diretrizes básicas para a política urbana.

Cabe ressaltar que a política urbana tem como finalidade ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante algumas diretrizes gerais, dentre elas a garantia do direito a cidades sustentáveis; o planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do território sob a área de influência do município, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente e da ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes (BRASIL, 2001).

O estatuto das Cidades passou a obrigar as cidades com mais de 20 mil habitantes a elaborar seus Planos Diretores. E dentre as diretrizes estabelecidas pela Lei Federal nº 10.257/2001 no art. 2º, destacam-se:

- I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;
- II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;
- IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;
- VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar: b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; f) a deterioração das áreas urbanizadas; g) a poluição e a degradação ambiental; h) a exposição da população a riscos de desastres naturais;
- VII – integração e complementaridade entre as atividades urbanas e rurais, tendo em vista o desenvolvimento socioeconômico do município e do território sob sua área de influência;
- VIII – adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência;
- XII – proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico;
- XIII – audiência do Poder Público municipal e da população interessada nos processos de implantação de empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos sobre o meio ambiente natural ou construído, o conforto ou a segurança da população.

Os Planos Diretores Municipais são, portanto, instrumentos da política de desenvolvimento e de expansão urbana ordenada. Considerando que o Estatuto das Cidades abrange todo o território municipal, o Plano Diretor acabou incluindo também o ordenamento do território rural dos municípios (MIDON, 2014).

O Plano Diretor é um conjunto de instruções e propostas, descritas na forma de lei municipal, com o objetivo de garantir a organização espacial dos diferentes usos e das redes de infraestrutura e o desenvolvimento socioeconômico, sendo que é de responsabilidade do município de elaborar e implementá-lo.

A Lei Municipal nº 5.502/2008 estabelece o III Plano Diretor para o município de Pelotas, sendo que no seu art. 12 é estabelecida as formas de

planejamento e ordenamento do espaço municipal de acordo com os sistemas de territórios e com os sistemas temáticos (PELOTAS, 2008).

Sendo assim, o espaço municipal estabelecido de acordo com o sistema de territórios é dividido em rural e urbano. Quanto a forma de ordenamento e planejamento do espaço municipal estabelecida pelos sistemas temáticos é composto pelas Áreas Especiais, Mobilidade Urbana e Projetos Especiais.

As Áreas Especiais foram definidas de acordo com o interesse público e suas características peculiares, sendo assim, ficam estabelecidos normas de ocupação diferenciada, e criação de mecanismos de gestão para desenvolvimento das ações necessárias à preservação destas áreas. Dentre as áreas de interesse estão as Áreas Especiais de Interesse do Ambiente Natural – AEIAN, sendo definidas conforme o III Plano Diretor de Pelotas no seu art. 51:

Art. 51 - Áreas com atributos especiais de valor ambiental, especialmente quanto a características de relevo, solo, hidrologia, vegetação, fauna e ocupação humana, protegidas por instrumentos legais ou não, nas quais o poder público poderá estabelecer normas específicas de utilização para garantir sua preservação e conservação.

Parágrafo único: Estas áreas apresentarão diferentes níveis de proteção, com restrição ou limitação ao uso do solo e preservação de seus recursos naturais, com usos proibidos ou limitados, manejo controlado com áreas destinadas preferencialmente a pesquisa científica, ao lazer, recreação, eventos culturais, turismo e educação.

As AEIAN ainda são subdivididas em cinco categorias conforme o Plano Diretor: Área Especial de Interesse do Ambiente Natural (AEIAN) Pública; Área Especial de Interesse do Ambiente Natural (AEIAN) Particular; Área de Preservação Permanente Ocupada (APPO); Área de Preservação Permanente (APP); Degradada e Área Ambientalmente Degradada (AAD). Estas áreas poderão ser regularizadas, a partir do interesse público, social e comunitário, sendo necessárias ações que atenuem, compensem e recuperem as áreas desejadas (PELOTAS, 2008).

Em 2012 foi estabelecido o novo Código Florestal Brasileiro - Lei Federal nº 12.651/2012 que dispõe a respeito das normas gerais sobre a proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as áreas de Reserva Legal e define APP em seu art. 3, inciso II como sendo:

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Conforme pode ser observado na Tabela 1 são apresentadas as delimitações das APPs de acordo com o novo Código Florestal.

Tabela 1: Delimitações das áreas de preservação permanente.

Área de Preservação Permanente	Critério para a delimitação/localização	Extensão da APP
	Largura do curso d'água (m)	Largura da faixa marginal de APP (m)
Ao longo dos cursos d'água	Até < 10	30
	10 a 50	50
	50 a 200	100
	200 a 600	200
	> 600	500
Nascentes ou olhos d'água	Área circular ao redor da nascente	Raio da circunferência mínimo 50 m
Banhados	-	largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado
Lagos e lagoas naturais	Área urbana	30
	Área rural com corpo d'água < 20 ha de superfície	50
	Área rural com corpo d'água > 20 ha de superfície	100

Fonte: Adaptado da Lei Federal nº 12.651/2012.

É pertinente ressaltar que em seu art. 59 o III Plano Diretor também define as delimitações das APPs para o município, porém nele a delimitação destas áreas está baseada na Lei Federal nº 4.771/1965 que instituía o I Código Florestal, portanto, as faixas destinadas a preservação da vegetação são diferentes das utilizadas atualmente.

Por vez o III Plano Diretor em seu art. 60 define as Áreas Preservação Permanente Ocupada (APPO) como sendo as áreas destinadas à preservação da vegetação apresentando as mesmas larguras definidas para as APPs, porém são áreas em processo de uso e ocupação consolidados.

Entretanto, as áreas consolidadas urbanas são aquelas que os conflitos de uso e ocupação da terra se dá pelos diferentes problemas socioambientais provocados pela falta ou precariedade do planejamento territorial e ambiental decorrentes principalmente do crescimento urbano desordenado.

Um dos conflitos ambientais provenientes do uso e ocupação da terra em áreas reservadas à proteção ambiental está ligado ao direito à propriedade que todos os cidadãos brasileiros possuem, portanto possuem também o direito de construir (BRASIL, 1988).

Uma das indagações a respeito destes conflitos refere-se à possibilidade de um direito individual, neste caso o direito à propriedade, se sobrepor ao direito coletivo que é o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, tendo em vista que ambos os direitos são garantidos pela Constituição Federal.

Segundo Monteiro (2012) o direito ao ambiente ecologicamente saudável e equilibrado deve indiscutivelmente se sobrepor ao direito individual da propriedade, sendo, portanto, balizador dos conflitos ambientais entre o uso e ocupação da terra e as áreas de preservação ambiental.

2.3 Geotecnologias e os conflitos de terras

As geotecnologias permitem o manuseio dos diferentes dados relativos as características naturais e antrópicas, de modo prático, agregando várias camadas de informações em um único projeto, deste modo, torna-se uma importante ferramenta capaz de identificar os conflitos de uso e cobertura da terra e compara-la à legislação ambiental (FITZ, 2008; JENSEN, 2011; MIDON, 2014; MIRANDA, 2015). O Sensoriamento Remoto - SR e os Sistemas de Informações Geográficas - SIG's são exemplos de Geotecnologias aplicada aos estudos ambientais, sendo importantes ferramentas para subsidiar as análises e ações relativas ao planejamento territorial e ambiental (CENTENO, 2009; JAYALAKSHMI; VELAPPAN, 2015; SHUKLA; KHIRE; GEDAM, 2014).

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto de técnicas que buscam captar imagens da superfície da Terra, através de sensores que captam a energia refletida ou emitida pelos objetos presentes na superfície terrestre, produzindo imagens capazes de serem interpretadas (JENSEN, 2011; MIRANDA, 2015). Já os SIG's são sistemas capazes de

trabalhar matematicamente as informações alfanuméricas e espaciais, onde é possível coletar, armazenar, recuperar, transformar e apresentar os dados espaciais de interesse, contribuindo para a tomada de decisão (WRUBLACK, 2012).

É importante salientar a diferença entre Geoprocessamento e SIG. Uma vez que o geoprocessamento refere-se a métodos de aquisição de dados georreferenciados e qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, ou seja, envolve vários elementos de técnicas de cartografia, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, enquanto que o SIG refere-se ao processamento de dados espaciais e descritivos, trabalhando matematicamente as informações, baseadas em algoritmos pré-determinados (FITZ, 2008; SILVA, 2007).

As imagens obtidas através do SR associadas aos SIG's são importantes, pois colaboram com a análise temporal das transformações que ocorrem no território, assim como possibilita o monitoramento destas áreas, permitindo compreender seu comportamento (SHUKLA; KHIRE; GEDAM, 2014; SILVA, 2007; WRUBLACK, 2012).

As ferramentas de estatística auxiliam na interação dos diferentes atributos naturais e antrópicos existentes em uma região. Essas ferramentas utilizadas através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), propiciam realizar análises complexas, assim como integrar dados de diversas fontes e além disso viabilizam associar outros dados, não espaciais, para aumentar a capacidade de análise, permitindo a geração de informações de alta qualidade e precisão, possibilitam a criação de um banco de dados espaciais, onde pode-se armazenar, consultar, exibir, alterar e excluir informações georreferenciadas a qualquer momento (CUNHA; BACANI; AYACH, 2013; DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2005; GOUVEIA et al., 2015).

Para a realização de um adequado planejamento territorial e ambiental, o uso das geotecnologias tem se tornado imprescindível (SILVA; SILVA; LEONARDI, 2015).

2.3.1 Sensoriamento remoto

Como citado anteriormente o Sensoriamento Remoto visa a obtenção de dados sobre os alvos localizados na superfície da Terra. Esses dados podem ser obtidos através de sensores a bordo de satélites orbitais, plataformas aéreas ou ainda terrestres. Dentre esses sensores têm-se os que captam dados oriundos da reflexão da energia solar pelos alvos e a registram (CENTENO, 2009). Estes transformam a energia captada em sinais elétricos que são registrados e transferidos para bases terrestres que os convertem em informações passíveis de serem interpretadas (FLORENZANO, 2011).

Nessa pesquisa se considerou somente as imagens oriundas de energia eletromagnética refletida pelos alvos e captada pelos sensores. Essa é proveniente da luz solar que incide sobre os alvos e estes absorvem uma parte da energia e refletem a outra ou do calor proveniente da superfície da Terra (CENTENO, 2009). A qual pode ser medida através do comprimento de onda (medida em submúltiplos do metro, sendo o mais usual o nanômetro) e da frequência (medida em hertz). O espectro eletromagnético descreve como se dá a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões de acordo com a frequência e o comprimento de onda (PARANHOS FILHO et. al., 2014). Na Figura 1 pode ser observado o espectro magnético.

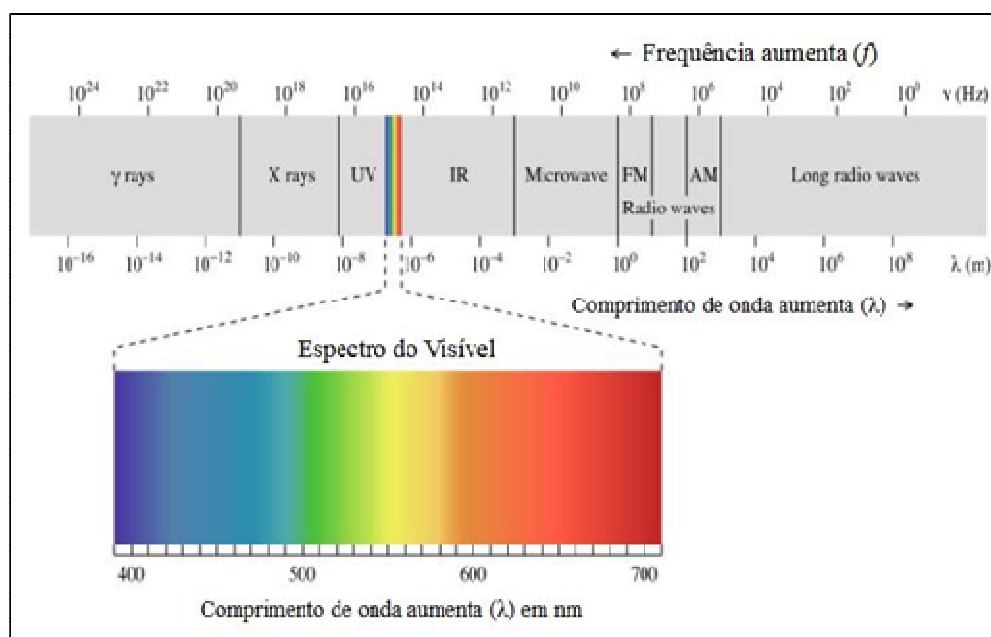


Figura 1: Espectro eletromagnético

Fonte: Florenzano (2011)

Segundo Jensen (2011) cada alvo na superfície terrestre apresenta características físicas, químicas e biológicas distintas, de modo que a energia refletida, absorvida ou transmitida por eles também é diferente. Essa variação de energia possibilita que sejam identificados os diferentes objetos na superfície da Terra, pois cada alvo apresentará uma frequência e um comprimento de onda característico, que pode ser representada pela curva de reflectância espectral (BIELENKI JÚNIOR; BARBASSA, 2014).

Por conseguinte, o espectro eletromagnético reflete a distribuição da radiação magnética, através de regiões, de acordo com o comprimento de onda e da frequência, porquanto este abrange variações que vão desde curtos comprimentos de ondas, como os raios gamas, até os longos comprimentos de ondas, como por exemplo, as ondas de rádios (FLORENZANO, 2011).

Sendo que entre estes, encontra-se a região do espectro visível, localizada entre o comprimento de onda 400 a 700 nanômetros (JENSEN, 2011). Nesta região as variações da energia derivam de um efeito visual denominado cor, sendo assim, um determinado objeto, é denominado como verde, quando reflete a luz verde e absorve as demais. Destaca-se ainda que esta energia se apresenta em quantidade significativa nesta região, sendo, portanto, passível de ser detectada pelos sensores (JENSEN, 2011).

É importante destacar que não existe um sensor específico para determinado objetivo ou área a ser estudada, pois cada sensor apresenta características distintas, sendo por isso, necessário conhecer primeiro suas características e suas limitações e ver se atendem aos objetivos propostos para o estudo (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Dentre as características que diferem os sensores, podemos citar os diferentes tipos de resoluções do sensor. Segundo Paranhos Filho et al. (2014) entende-se por resolução o número de pixels que pode ser exibido em um monitor, ou ainda a área da superfície terrestre que um pixel no arquivo da imagem gerada pelo um sensor representa. Portanto, as imagens geradas pelos sensores dependem de quatro características de resolução sendo elas: resolução radiométrica, resolução espacial, a resolução espectral e a resolução temporal.

Sendo que a resolução radiométrica pode ser entendida como sendo a aptidão do sensor para distinguir a intensidade da radiação refletida pelos alvos, ou seja, o número de cinzas presente em cada banda espectral (FLORENZANO, 2011). Os níveis de cinza são expressos em bits, porquanto, são expressões em números binários para serem armazenados na forma digital, por exemplo, o sensor TM presente no satélite LANDSAT-5 apresenta 8 bits, sendo assim, apresenta 256 valores digitais, podendo ter objetos representados pelo branco e preto e mais 254 diferentes tons de cinza (JENSEN, 2011). Quanto maior a quantidade de números de cinza, maior será sua resolução e consequentemente maior será o nível de detalhe do alvo analisado.

Já resolução temporal refere-se ao período de revisita do sensor em uma determinada área, sendo assim, é a frequência com que o sensor realiza o imageamento da área. Todavia quanto maior a frequência de imageamento, melhor será o acompanhamento da dinâmica dos fenômenos que ocorrem na superfície terrestre (CENTENO, 2009).

Por conseguinte, a resolução espacial pode ser compreendida como sendo a capacidade do sensor em identificar os alvos na superfície terrestre, sendo assim, é o tamanho que o pixel da imagem obtida pelo sensor representa sobre o solo, todavia quanto maior a resolução espacial, menor será o nível de detalhe do objeto a ser monitorado (PARANHOS FILHO et al., 2014). O pixel é a menor unidade de informação de uma imagem digital, sendo que dentro dele não é possível diferenciar objetos e detalhes (CENTENO, 2009).

Por fim, a resolução espectral se refere a sensibilidade do sensor em diferenciar as variações de energia refletida pelo alvo, ou ainda, como a largura da faixa espectral de cada banda e o número de bandas de um sensor (BIELENKI JÚNIOR; BARBASSA, 2014). Portanto, quanto maior o número de bandas presentes em um sensor, menor será a largura espectral e melhor será a sua resolução.

Sendo assim, os estudos que visam o monitoramento de áreas ou alvos dinâmicos, isto é, aqueles em que os processos de modificação da paisagem devem ser acompanhados, necessitam de sensores que apresentem uma alta taxa de revisita, para que seja permitida a detecção dos processos dinâmicos.

Contudo, aqueles estudos que visam identificar pequenas áreas, podem fazer uso de sensores com altas resoluções espaciais (em torno de centímetros). Entretanto estudos que buscam identificar diferenças de composição no alvo, precisam de sensores com várias bandas espectrais, o que permite a detecção do comportamento do alvo em uma faixa específica do espectro eletromagnético (CENTENO, 2009).

Dentre os diversos tipos de sensores existentes, encontram-se os da série LANDSAT, que se caracterizam como o sistema de satélite de observação da terra mais antigo dos Estados Unidos, sendo assim é o que apresenta a maior série temporal de dados em sensoriamento remoto.

2.3.1.1 Sensores da série LANDSAT

O programa LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) é gerenciado pela Agência Espacial Americana (National Aeronautics and Space Administration - NASA) e pela Agência Geológica Americana (United States Geological Survey – USGS). Em mais de 40 anos, a série de satélites Landsat fornece o registro temporal mais longo de dados multispectral de resolução moderada da superfície terrestre em uma base global.

Sendo que os satélites da série LANDSAT são polares e heliossíncronos, ou seja, circulam a terra em órbitas polares, geralmente a 700Km de altitude, estando sincronizados com o sol, passando sobre o mesmo ponto da superfície terrestre sempre na mesma hora solar.

O primeiro satélite da série foi lançado no ano de 1972 e tinha como principal objetivo a observação dos recursos terrestres. Este satélite possuía a bordo o sensor Multiespectral Scanner System (MSS) e apresentava apenas quatro bandas, sendo duas bandas na faixa do infravermelho e duas na faixa do visível, apresentando uma resolução espacial de 80m e uma resolução temporal de 18 dias. Os satélites seguintes LANDSAT-2 (lançado em 1975) e LANDSAT-3 (lançado em 1978) apresentavam as mesmas características do primeiro.

Por conseguinte, em 1982 foi lançado o LANDSAT-4 com o mesmo sensor dos seus antecessores (MSS), porém agora com o novo sensor Thematic Mapper (TM) projetado para dar suporte às pesquisas em diversas

áreas especialmente aos recursos naturais. O LANDSAT-5 entrou em órbita no ano de 1984, não trazendo nenhuma novidade comparado ao seu antecessor.

Cabe destacar que o sensor TM presente no LANDSAT 4 e 5 possuía sete bandas espectrais, sendo três delas na região do visível, um na região do infravermelho próximo, dois no infravermelho médio e um no infravermelho termal, apresentando uma resolução espacial de 30 metros com exceção da banda na região do infravermelho termal que era de 120 metros e apresentando uma resolução temporal de 16 dias (CENTENO, 2009; JENSEN, 2011).

Contudo, após o lançamento do LANDSAT-5 foram lançados o LANDSAT-6 que não conseguiu chegar a órbita prevista e em 1999 o LANDSAT-7 foi lançado trazendo em sua estrutura o sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM⁺) que acabou substituindo o sensor TM. Sendo que a novidade do sensor ETM⁺ é que ele traz uma banda pancromática, ou seja, a união das bandas da região do visível e do infravermelho próximo, com uma resolução espacial de 15 metros (FLORENZANO, 2011). Porém, devido à problemas técnicos, deixou de operar em 2003, sendo que as imagens da superfície da Terra seguiram sendo obtidas pelo LANDSAT-5 até o ano de 2013 quando foi lançado o LANDSAT-8. As características do LANDSAT-5 podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características do LANDSAT-5 e suas resoluções espaciais e espectrais

Bandas LANDSAT-5	Intervalo Espectral (μm)	Resolução Espacial (metros)
Banda 1 – Azul	0.45 – 0.52	30
Banda 2 - Verde	0.52 – 0.60	30
Banda 3 - Vermelho	0.63 – 0.69	30
Banda 4 – Infravermelho próximo	0.76 – 0.90	30
Banda 5 – Infravermelho médio	1.55 – 1.75	30
Banda 6 – Infravermelho termal	10.42 – 12.50	120
Banda 7 – Infravermelho médio	2.08 – 2.35	30

Fonte: Adaptado de Centeno (2009).

Por conseguinte, o LANDSAT-8 foi lançado no primeiro semestre de 2013, porém somente forneceu imagens da superfície da terra no segundo semestre do mesmo ano. Ele leva a bordo dois sensores mais modernos e aperfeiçoados, o Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor

(TIRS), com uma resolução radiométrica de 16 bits e resolução temporal de 16 dias, sendo que, as resoluções espaciais e espectrais podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3: Característica do LANDSAT-8 e suas resoluções espaciais e espectrais

Bandas LANDSAT-8	Intervalo Espectral (μm)	Resolução Espacial (metros)
Banda 1 – Costeira/Aerosol	0.43 – 0.45	30
Banda 2 - Azul	0.45 – 0.51	30
Banda 3 - Verde	0.53 – 0.59	30
Banda 4 - Vermelho	0.64 – 0.67	30
Banda 5 – Infravermelho próximo	0.85 – 0.88	30
Banda 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Banda 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Banda 8 - Pancromática	0.50 – 0.68	15
Banda 9 - Cirrus	1.36 – 1.38	30
Banda 10 – Infravermelho Termal (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Banda 11 – Infravermelho Termal (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

Fonte: Adaptado de Centeno (2009).

A antena de recepção de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) localizada em Cuiabá, capta as imagens de todo território nacional desde o lançamento do primeiro satélite da série LANDSAT, o que representa um enorme e único acervo de dados sobre nosso país.

2.3.1.2 Processamento digital de imagens

O processamento digital de imagens - PDI tem o objetivo de facilitar a interpretação de imagens obtidas por sensoriamento remoto, de modo que não agregue nenhuma informação além das já inseridas nos dados brutos (CÂMARA e DAVIS, 2003). No PDI são aplicadas transformações matemáticas de modo a preparar a imagem para a obtenção de informações facilmente interpretáveis. Através do processamento digital de imagens é possível realizar a combinação de bandas com o propósito de identificar mais facilmente os alvos a serem monitorados e ou analisados, o resultado desta combinação chama-se de falsa-cor (CENTENO, 2009). Ainda é possível através do PDI fazer a comparação de imagens da mesma área, porém em períodos distintos (MIDON, 2014).

Segundo Bielenki Júnior e Barbassa (2014) o PDI pode ser dividido em três etapas: Pré-processamento, Realce e Classificação.

2.3.1.2.1 Pré-processamento

É a etapa caracterizada pela correção primária dos dados originais. Segundo Meneses e Almeida (2012) não existe uma sequência e nem procedimentos pré-estabelecidos para esta etapa, dependendo das necessidades de cada usuário serão estabelecidos procedimentos para esta primeira correção das imagens.

Sendo que estas correções de distorções geométricas resultantes do processo de obtenção dos dados e deslocamento da plataforma e a correção radiométrica, são necessárias para estudos que necessitem gerar um mapa temático, por exemplo, pois serão necessárias informações exatas da localização dos alvos (JENSEN, 2011).

Essa correção se dá através do georreferenciamento das imagens que visa relacionar as coordenadas da imagem (linhas e colunas) às coordenadas geográficas (latitude e longitude).

Nesta etapa de pré-processamento também é viável realizar a restauração de imagens, onde é possível degradar a resolução espacial original, possibilitando a superposição e integração de imagens com diferentes resoluções espaciais (FLORENZANO, 2014; MENESES, ALMEIDA, 2012).

Contudo cabe destacar que os resultados positivos obtidos no processamento digital de imagens para uma área, nem sempre serão adequados para outras áreas, sendo assim, o usuário deverá verificar quais são suas reais necessidades.

2.3.1.2.2 Realce de imagens

Esta etapa almeja facilitar o trabalho de fotointerpretação das imagens, para esta finalidade pode ser empregada a combinação das bandas espectrais de maneira distintas. Cabe ressaltar que esta composição permite que o analista identifique e extraia informações dos alvos de acordo com a forma que estes aparecem na tela de um monitor, pois a visão humana é capaz de identificar objetos que estejam na região visível do espectro eletromagnético (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Para cada faixa do espectro eletromagnético é criada uma imagem, sendo assim, podemos obter uma imagem monocromática para cada banda específica ou ainda formar imagens coloridas associando as imagens às bandas da região do vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue). Desta forma haverá uma melhor interpretação do alvo, pois cada objeto no terreno apresenta uma resposta diferente em cada banda espectral. Segundo Câmara e Davis (2002) não há uma melhor combinação que outra, pois depende do comportamento espectral de cada alvo e, por conseguinte, o que se deseja observar.

2.3.1.2.3 Classificação de imagens

A classificação de imagens de sensoriamento remoto é obtida através de softwares específicos que obtenham padrões para os pixels, de modo que sejam agrupados em diferentes classes, a partir da probabilidade do pixel pertencer ou não a determinada classe (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A classificação automática de imagens pode ser distinguida em supervisionada ou não supervisionada. Sendo que a classificação não supervisionada de imagens não exige a definição de amostras de treinamento, uma vez que o próprio algoritmo presente no software se encarrega de realizar a classificação, tendo como base uma estatística já pré-estabelecida. Portanto,

não é necessário que o analista tenha conhecimento da área de estudo (JENSEN, 2011). Porquanto esta classificação é adotada quando não se conhece a natureza e o número das classes dos alvos presentes na área de estudo, ou ainda, quando se deseja fazer uma análise exploratória da área (CENTENO, 2009).

Já a classificação supervisionada consiste em pré-estabelecer as classes que agrupem os pixels da imagem que possuam níveis de cinza similares. Porém, nesta classificação o analista tem de conhecer a área de estudo para que possa selecionar as amostras de treinamento que sejam representativas, porém nem sempre homogêneas (NASCIMENTO et al., 2016). Sendo assim, estas áreas de treinamento devem conter pixels que representem adequadamente a resposta espectral dos alvos a serem classificados, podendo o analista identifica-los através de dados coletados em campo (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Deste modo, para a coleta das amostras de treinamento, o analista deverá buscar as regiões onde os pixels apareçam puros, de modo a evitar áreas de transição que possam provocar dúvidas quanto a interpretação do alvo, e as amostras devem contemplar toda a área de estudo, evitando concentrar a coleta apenas uma área da imagem (CENTENO, 2009).

Por conseguinte, caberá ao analista determinar um número adequado de amostras para que o software se encarregue de agrupar os pixels nas classes a que pertencem, baseados em um método pré-definido (NASCIMENTO et al., 2016). Uma vez que não há uma definição do número de classes a ser utilizado, porém, é necessário que o analista selecione classes bem distintas para que ao final da classificação não ocorram confusão entre as classes estabelecidas (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Existem diversos métodos de classificação supervisionada, como por exemplo, paralelepípedo, distância mínima, distância de Mahalanobis e máxima verossimilhança (MaxVer), sendo este último o mais utilizado, pois utiliza os dados espectrais de cada pixel para encontrar regiões homogêneas (JENSEN, 2011).

De acordo com Meneses e Almeida (2012) este algoritmo considera os valores das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando

parâmetros estatísticos. Porquanto, este método pressupõe que os pixels de cada classe seguem uma distribuição normal, além disto, o método avalia as probabilidades que o pixel tem de pertencer às classes identificadas de modo que considere que o mesmo pertença a classe de maior probabilidade (SILVA et al., 2013; SIVAKUMAR, 2014; CARDOSO; CENTENO, 2015).

2.3.1.2.4 Exatidão da classificação das imagens de satélite

A classificação de uma imagem pode ser considerada adequada após o confronto dos dados obtidos no processo de classificação com áreas de controle, oriundas de dados de campo ou áreas coletadas sobre a mesma imagem, da qual se tenha conhecimento prévio (CARDOSO; CENTENO, 2015; JENSEN, 2011). No caso de se delimitar essas áreas em campo esses devem ser escolhidos de acordo com a facilidade de acesso aos locais, porém deve-se abranger toda a área de estudo assim como, os pontos escolhidos devem ser classificados conforme as classes pré-determinadas no início da classificação das imagens (FLORENZANO, 2011). Sendo que os pontos georreferenciados escolhidos no trabalho de campo devem ser plotados no mapa resultante da classificação.

Todavia com os pontos de controle definidos, esses devem ser correlacionados com a classificação para verificar a exatidão do processo através da matriz de confusão. Cabe destacar que a matriz de confusão ou matriz de erros é obtida após a comparação dos pontos obtidos em campo com a classificação supervisionada. Sendo assim, a partir do cruzamento destas informações pode-se calcular a exatidão global e o índice Kappa (HENTZ et al., 2015).

A matriz de confusão, a exatidão global e o índice Kappa são fornecidos diretamente pelo software, necessitando apenas que o analista verifique se a classificação foi adequada ou não, caso negativo, deverão ser revistas as amostras de treinamento, e refeita a classificação (CARDOSO; CENTENO, 2015).

2.3.2 Análise temporal

Por meio das imagens obtidas por Sensoriamento Remoto em diferentes períodos é possível realizar a detecção de mudanças no uso e cobertura das terras (PARANHOS FILHO et al., 2014). Através desta análise é possível inferir sobre a dinâmica das transformações em diferentes aspectos, tais como os tipos de mudança, a intensidade das alterações, a velocidade com que ocorrem os processos de transformação das áreas durante um determinado período (MIDON, 2014).

Muitos impactos ambientais e socioeconômicos podem ser resultados destas transformações ocorridas sobre o uso e cobertura da terra ao longo do tempo. Por este motivo, é importante uma análise integrada dos reflexos ocorridos na paisagem provocadas principalmente pelas atividades humanas, servindo de apoio ao planejamento territorial, buscando atender principalmente à legislação ambiental (NASCIMENTO; FERNANDES, 2016; PARANHOS FILHO et al., 2014).

2.4 Características e localização da área de estudo

O município de Pelotas faz fronteira com os municípios de Turuçu ao Norte, Canguçu e Morro Redondo; a Oeste, com a Laguna dos Patos; a Leste, e com o município de Rio Grande e Capão do Leão; ao Sul, como pode ser observado na Figura 2.

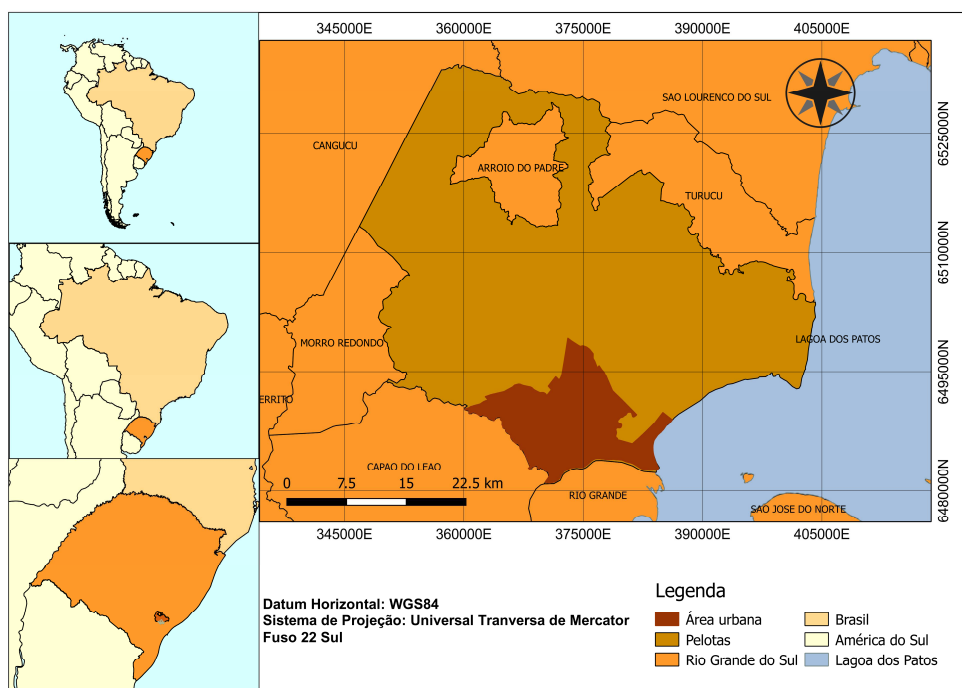


Figura 2: Localização do município de Pelotas/RS

A cidade de Pelotas está situada sobre a Planície Costeira do Rio Grande do Sul, rodeada pela Laguna dos Patos e Canal São Gonçalo. Apresenta uma área territorial de 1.610,084 Km² e a população do ano de 2016 foi estimada em 343.651 habitantes (IBGE, 2017). A Tabela 4 mostra a evolução da população ao longo dos anos de 1970 a 2010, na qual é possível perceber que a população rural em 1970 já era inferior a população urbana, que por conseguinte já representava 74,55% da população total do município.

Tabela 4: População residente do município de Pelotas, RS entre os anos de 1985 e 2015

Situação do domicílio	População (hab)/Ano				
	1970	1980	1991	2000	2010
Urbana	154,742	204,817	265,192	301,081	306,193
Rural	53,127	55,177	25,908	22,077	22,082
Total	207,869	259,994	291,100	323,158	328,275

O município de Pelotas está rodeado por importantes recursos hídricos, a citar o Arroio Pelotas, Canal São Gonçalo e Laguna dos Patos. Sendo que o Arroio Pelotas é uma importante hidrovia, pois tem ligação com o Canal São Gonçalo e este com a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos, e esta por sua vez, apresenta ligação com o oceano Atlântico.

Decorrente disto, o município teve sua origem às margens do Arroio Pelotas e devido a sua importância histórica, cultural e turística foi considerado Patrimônio Cultural do estado do Rio Grande do Sul pela Lei nº 11.895 de março de 2003 (RIO GRANDE DO SUL, 2003). O mesmo, ainda fornece água bruta para o Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas – SANEP, para que este possa abastecer o município através da ETA Sinnott, a qual supre a demanda dos bairros: Pestano, Sanga Funda, Areal, Jardim Europa, COHAB Tablada, COHAB Lindóia, Santa Rita de Cássia, Getúlio Vargas e Balneário Santo Antônio (SANEP, 2017).

Conforme supracitado o Canal São Gonçalo liga duas das maiores lagoas do Brasil, a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos. Sua extensão é de 76 Km sendo que 12 km de comprimento com 5,20 m de calado da hidrovía principal da Lagoa dos Patos até o Porto de Pelotas e 58 km do porto de Pelotas até a Lagoa Mirim com 2,50m de calado e apresenta largura de 250 m em toda a sua extensão (BURNS, 2010).

O porto de Pelotas foi reativado em outubro de 2016 através de um convênio entre o governo do estado do Rio Grande do Sul, Prefeitura Municipal e a empresa Celulose Rio-grandense - CMPC que tem sede na cidade de Guaíba, RS. A reativação do porto de Pelotas se deu em decorrência do interesse da empresa CMPC em realizar o escoamento da madeira – matéria-prima na produção de celulose. Segundo Kruschardt (2016) o porto de Pelotas possibilitará a geração de 2800 empregos durante sua fase de operação.

No Canal São Gonçalo ainda foi construída uma eclusa com o objetivo de evitar que a água da Laguna dos Patos quando está salgada, adentrasse a Lagoa Mirim, pois prejudicaria a orizicultura e ainda garantiria as condições de navegação pelo canal. A obra foi inaugurada em 1977 e está sob a administração da Agência de Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim (ALM) (BURNS, 2010).

Por conseguinte, a presença de praia lacustre e de áreas arenosas são outras características litorâneas do município, que está situado entre as coordenadas 31°46'19" de latitude Sul e 52° 20'19" de longitude Oeste. Portanto, a grande quantidade de recursos hídricos no município interfere no clima da região. De acordo com a classificação de Köppen, Pelotas é

classificada como subtropical, com temperatura média anual de 17,8°C e umidade relativa do ar em torno de 84% (PELOTAS, 2013).

O município apresenta altitudes que variam de 0 a aproximadamente 300 metros. A zona rural do município fica situada na Serra de Sudeste, possui cerros de ondulações moderadas, cobertos com pastagem e conhecidos como coxilhas, variando de 100 a 300 metros de altitude. Por estar situada na planície costeira, a área urbana do município situa-se em baixa altitude variando do nível do mar a aproximadamente 13 metros, onde as partes mais altas da área urbana situam-se nos bairros Fragata, Areal e Três Vendas e as altitudes diminuem em direção ao Canal São Gonçalo e à Laguna dos Patos (PELOTAS, 2013). Essa diferença de altitude, acaba por interferir na distribuição espacial da população sobre a área urbana, o que direciona a expansão da cidade para áreas de maior altitude.

3 Hipótese

As mudanças ocorridas entre os anos de 1985 e 2015 no uso e cobertura da terra vem alterando as áreas de importância ambiental, necessitando de medidas mitigadoras para os efeitos antrópicos na área estudada.

4 Objetivos

4.1 Geral

Analisar as alterações ambientais decorrentes da dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Pelotas, sobre as Áreas de Preservação Permanente, entre os anos de 1985 e 2015.

4.2 Específicos

- Demonstrar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra na área de estudo considerando-se os anos 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015;
- Identificar as áreas de restrições legais para conflitos do uso e cobertura da terra no período estudado;
- Analisar os conflitos existentes entre o uso e cobertura da terra e as Áreas de Preservação Permanente através do cumprimento da legislação ambiental vigente entre 1985 e 2015.;
- Quantificar os conflitos entre uso e cobertura da terra e as Áreas de Preservação Permanente entre 1985 e 2015.

5 Capítulo 1 – Análise da variação do uso e cobertura da terra no município de Pelotas, RS entre os anos de 1985 e 2015

5.1 Introdução

A superfície terrestre está sendo significativamente alterada com o passar do tempo, devido a atividades antropogênicas. Diante disso, há poucas paisagens que ainda estão em seu estado natural na superfície da terra. Pois o homem modifica o ambiente natural e o transforma para sanar as necessidades atuais da sociedade, resultando assim em um padrão observável no uso e cobertura da terra ao longo do tempo (SOUNDRANAYAGAM et al., 2011; SKOG; STEINNES, 2016).

Como em muitos outros países em desenvolvimento, o Brasil vem testemunhando uma rápida urbanização desde a década de 70, resultando em quantidades crescentes de terra sendo ocupadas para os mais diversos fins e, portanto, a cobertura da terra vem sofrendo alterações a um ritmo cada vez mais rápido.

A conversão de terras utilizadas pelas atividades agropecuárias e pelas áreas de interesse ambiental em áreas urbanas vem aumentando com o passar dos anos, devido a necessidade de alocar a população rural que vê nas cidades uma alternativa de melhores condições de vida (WU et al., 2016).

Segundo Soundranayagam et al. (2011), desde o período neolítico, o homem vêm modificando a terra e impactando o solo e a água, de modo que estas transformações diversificaram-se com o início da Revolução Industrial, com a globalização, com o desenvolvimento tecnológico e principalmente com o crescimento demográfico.

De acordo com Liu et al. (2002) as florestas foram limpas, as pastagens lavradas ou pastoreadas, as terras úmidas drenadas e as terras cultivadas se expandiram, mas nunca tão rapidamente quanto nos últimos anos.

Portanto, a análise ambiental dos ambientes impactados pela ação antrópica, tanto em ambiente urbano quanto no rural, influenciam diretamente na qualidade ambiental da região (SILVEIRA et al., 2014). De acordo com Paranhos Filho et al. (2014) as alterações que ocorrem na cobertura da terra devido a supressão da vegetação em áreas urbanas, ameaçam a sustentabilidade do ecossistema.

Até agora, no entanto, poucos esforços têm sido feito para documentar o impacto do uso da terra com as mudanças em sua cobertura sobre as Áreas de Preservação Permanente e ecossistemas, decorrentes da falta de dados geoespaciais e informações de séries temporais (HASSAN; NAZEM, 2015).

Infelizmente, as técnicas convencionais de levantamento e mapeamento do uso e ocupação destas áreas são caras e demoradas para a estimativa da expansão urbana e essa informação não está disponível para a maioria dos centros urbanos, especialmente nos países em desenvolvimento (Liu et al. (2002). Como resultado, o crescente interesse da pesquisa está sendo direcionado para o monitoramento do crescimento urbano usando SIG e técnicas de sensoriamento remoto (SIVAKUMAR, 2014).

Porquanto, o SR é cada vez mais utilizado para identificar e analisar a expansão urbana, uma vez que é rentável e tecnologicamente eficiente. Nos últimos anos, esses métodos têm progredido e têm sido amplamente utilizados na gestão de recursos naturais e planejamento urbano (BELAL; MOGHANM, 2011; SHEN; ZHANG; SU, 2011; SIVAKUMAR, 2014; HUANG et al., 2015).

A classificação multiespectral das imagens obtidas por sensoriamento remoto, busca selecionar os pixels e separá-los em um número pré-estabelecido de classes, através dos valores numéricos destes pixels (PARANHOS FILHO et al., 2014).

Ao usar dados de sensoriamento remoto de fonte aberta - LANDSAT integrados com os Sistemas de Informações Geográficas - SIGs e outros dados auxiliares, pode-se classificar o uso da terra e criar mapas de cobertura da terra, permitindo a detecção e análise das mudanças ocorridas em determinadas regiões ao longo do tempo.

Frente as diversas transformações que o município de Pelotas vem ao longo dos anos sofrendo, no uso e cobertura da terra, principalmente

decorrentes dos processos de urbanização e do incentivo à silvicultura (VIEIRA JÚNIOR, 2009); o presente capítulo tem como objetivo demonstrar a dinâmica do uso territorial, com análise temporal do uso e cobertura da terra no município de Pelotas, RS entre os anos de 1985 a 2015, através da utilização de sensoriamento remoto, em especial as imagens LANDSAT e ferramentas de geoprocessamento.

5.2 Metodologia

5.2.1 Área de estudo

A área utilizada para a realização da análise temporal do uso e cobertura da terra do município de Pelotas inclui toda a área municipal, ou seja, a totalidade do território pelotense, cuja área total é de 1610,084 km² (IBGE, 2017).

5.2.2 Pré-processamento dos dados

Para a avaliação das mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra do município de Pelotas, foram selecionadas imagens de satélite de modo que preenchessem alguns critérios básicos quanto ao tipo de satélite/sensor, cobertura máxima de nuvens e intervalo de tempo/período de obtenção das imagens, conforme pode ser observado na Tabela 5. Ainda para a seleção das imagens, optou-se por filtrar por meio da órbita e ponto respectivamente 221 e 82 referente a localização do município de Pelotas, RS.

Tabela 5: características das imagens utilizadas para a classificação do uso e ocupação da terra do município de Pelotas entre 1985 e 2015

Data da imagem	Satélite	Sensor	Resolução espacial
17/08/1985	LANDSAT 5	TM	30m
11/05/1990	LANDSAT 5	TM	30m
16/01/1995	LANDSAT 5	TM	30m
27/09/2000	LANDSAT 5	TM	30m
07/07/2005	LANDSAT 5	TM	30m
02/05/2010	LANDSAT 5	TM	30m
10/12/2015	LANDSAT 8	OLI	15m

Por conseguinte, definiu-se para a seleção de imagens que essas apresentassem o percentual máximo de 10% para cobertura de nuvens, sendo

que por este motivo, não foi possível selecionar imagens para o mesmo período do ano.

As imagens utilizadas foram obtidas gratuitamente através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, onde realizou-se um cadastro para acesso ao catálogo de imagens. Estabeleceu-se ainda que para o estudo analisar-se-ia uma série temporal de 30 anos, com intervalos de cinco anos a partir de 1985 até o ano de 2015, portanto foram escolhidas sete imagens.

As imagens disponibilizadas pelo INPE para download encontram-se separadas em 7 bandas espectrais no LANDSAT 5 e em 11 bandas espectrais no LANDSAT 8, portanto, inicialmente realizou-se a aquisição de toda as bandas espectrais referentes a cada período. Após a importação das bandas no formato Geotiff realizou-se a junção das mesmas através do software livre MultiSpec versão 3.4.

No caso da imagem obtida do LANDSAT-8, além de realizar a junção das 11 bandas, se fez necessário o processo de reamostragem da imagem, que teve como objetivo a normalização ou adequação dos dados, de modo a degradar a resolução espacial da imagem para que esta pudesse ser comparada às imagens obtidas com o LANDSAT-5. Portanto, este processo de degradação possibilitou que a imagem do LANDSAT-8 fosse reamostrada para 30 metros. Esse procedimento foi realizado no software livre MultiSpec versão 3.4.

Para facilitar a visualização da área de estudo, optou-se por fazer o corte das imagens, obtendo apenas a área do município de Pelotas. Para isso foi utilizado o vetor do município de Pelotas gerado pelo IBGE, disponibilizado pelo Banco de Dados Geográfico do Exército Brasileiro - BDGEx (<http://www.geoportal.eb.mil.br/>), na escala 1:50.000 como máscara para recortar a imagem de satélite com as bandas já agrupadas. O recorte da imagem foi realizado no software QGis versão 2.16.

As imagens de satélite obtidas pelo site do INPE encontravam-se georreferenciadas, porém, as mesmas estão sujeitas a uma série de distorções espaciais, como por exemplo, deslocamentos. Por este motivo, foram utilizados

dez pontos de controle identificáveis na imagem e no vetor base do município de Pelotas para realizar a correção geométrica das imagens.

Com o objetivo de verificar se a correção geométrica foi adequada, analisou-se o erro médio quadrático (RMS), que é estimado tomando-se uma amostra dos valores calculados e comparando-a com seus valores reais. Sendo que o RMS total calculado ficou em 12,35m, esse valor é menor que 1 pixel (30 m) das imagens LANDSAT-5 e LANDSAT-8.

De acordo com Melo e Pachêco (2015), o erro médio quadrático deve ser inferior ao tamanho de 1 pixel da imagem utilizada para que a correção geométrica seja considerada satisfatória. Foi utilizado o software livre QGIS versão 2.16.0, através do complemento Georreferenciador, para executar a correção geométrica das imagens.

Utilizou-se o sistema de referência WGS-84, com os dados projetados no Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso 22 Sul, este é um sistema de coordenadas cartesiano que permite a análise quantitativa, uma vez que essa projeção cartográfica, através de transformações baseadas em funções matemáticas, permite definir um relacionamento matemático entre posições referidas à superfície terrestre e posições referidas ao mapa de forma única. E além disso, a opção pela projeção UTM deve-se a todo o mapeamento sistemático do Brasil ser elaborado nesse sistema de projeção.

Após o georreferenciamento, o próximo passo consistiu na geração de imagens coloridas para facilitar o processo de visualização e classificação ou extração de informações. Para tal foi utilizada a composição nas bandas 5R, 4G e 3B para a produção de imagens sintéticas, pois esta composição apresenta-se semelhante com as cores da natureza, buscando desta forma, facilitar a interpretação do uso e cobertura da terra (IBGE, 2013).

Com base na interpretação visual das imagens na composição RGB, foram definidas seis classes de uso e cobertura da terra (Classe I - Área Antropizada/ Área Urbana, Classe II - Agricultura/Pastagem, Classe III - Vegetação Arbórea/Mata Nativa, Classe IV - Solo Exposto/Areia, Classe V - Massa d'água e Classe VI – Banhados/Áreas Alagadas).

Sendo que a determinação das classes foi baseada em informações prévias da área de estudo, de modo que se optou por escolher as principais

coberturas e usos da terra para o município de Pelotas. Portanto a classe I – Área Antropizada/ Área Urbana englobou as coberturas referentes às áreas abertas construídas, complexos industriais, edificações e estradas, o que representa a expansão urbana (IBGE, 2013).

Por conseguinte, a classe II – Agricultura/ Pastagem foi caracterizada pelas áreas de uso para a produção de alimentos, fibras ou outras matérias-primas que podem ser empregadas na indústria, sendo incluídas nesta categoria as lavouras temporárias, lavouras permanentes e pastagens. Já a categoria III – Vegetação Arbórea/ Mata Nativa congregam todas as formas de vegetação, tanto as de porte arbustivo e herbáceo como as florestais, incluindo-se aqui a silvicultura.

Porquanto a categoria de Solo Exposto/Areia definida como de classe IV, incluem as “áreas descobertas”, referindo-se a afloramentos rochosos, praias, dunas, solo desnudo, ou outras coberturas que por ventura não se enquadrassem em nenhuma das demais classes.

Sendo que a Classe V, definida pela Massa de água, é representada pelos corpos hídricos, como lagos, lagoas, lagoas, canais, rios e reservatórios superficiais. E por fim a classe VI denominada por Banhados/Áreas Alagadas, incluem as áreas de várzea, áreas encharcadas, ou seja, áreas que são cobertas por água em determinados períodos.

Após a definição das classes, o próximo passo foi executar a classificação supervisionada das imagens para a determinação do uso e cobertura da terra para a área total do município.

5.2.3 Classificação multiespectral supervisionada das imagens

A classificação multiespectral empregada neste estudo foi do tipo supervisionada, que consiste na seleção de amostras de treinamento (conjuntos de pixels) representativas de cada classe de uso e cobertura da terra. Sendo que a metodologia adotada para a classificação foi a Máxima Verossimilhança (MaxVer), que se utiliza das estimativas das distâncias entre as médias dos valores numéricos dos pixels das classes, através de parâmetros estatísticos (MENESES; ALMEIDA, 2012; CARDOSO; CENTENO, 2015).

Para utilizar a classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança (MaxVer) foi necessário escolher um número suficiente de áreas que representassem uma mesma feição mostrando uma variação da feição em toda a imagem (CARDOSO; CENTENO, 2015). Sendo assim, foram definidas amostras de treinamento para todas as seis classes de uso e cobertura da terra (Área Antropizada/Área Urbana, Agricultura/Pastagem, Vegetação Arbórea/Mata Nativa, Solo Exposto/Areia, Massa d'água e Banhados/Áreas Alagadas).

As amostras para treinamento do classificador foram baseadas nos padrões das características das diferentes classes na própria imagem, bem como do auxílio de dados coletados em campo e georeferenciados.

O total de amostras levantadas e o número mínimo e máximo de pixels das amostras para representar determinada classe para as imagens de 1985 e 2015 podem ser observadas de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 - Tipos de amostras e suas características para classificação das imagens de 1985 a 2015

Amostras	Nº de amostras							Nº Total de pixels						
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Área Antropizada/Área Urbana	20	21	21	21	21	20	20	710	681	570	461	306	342	703
Agricultura/Pastagem	20	21	20	20	20	20	21	746	955	821	709	564	787	2431
Vegetação Arbórea/Mata Nativa	20	20	21	20	21	20	20	856	638	668	682	673	823	1467
Solo Exposto/Areia	20	21	22	20	20	20	20	840	733	1064	725	667	689	1044
Massa d'água	22	21	21	22	21	20	20	980	914	782	918	700	702	2245
Banhados/Área Alagada	13	21	24	23	20	20	21	389	695	664	441	642	784	511

Segundo Meneses e Almeida (2012) o número de amostras de treinamento deve representar a variação do número digital dos pixels na área estudada. Entretanto para Mather e Koch (1999) o número de pixels para representar bem as classes devem ser de 30 p, onde o “p” é o número de bandas espectrais da imagem a ser classificada. Deste modo, com base na Tabela 6 é possível observar que todas as classes das imagens na série

estudada apresentaram número de pixels superior ao indicado por Mather e Koch (1999).

Após a classificação das imagens, obteve-se a Matriz de Confusão para cada ano estudado, sendo está utilizada para validar o classificador, através da verificação da acurácia da classificação. Como medidas para verificar a acurácia empregou-se a exatidão global e o índice Kappa, pois através destes foi possível verificar o quanto a imagem classificada divergiu da realidade (SIVAKUMAR, 2014; NASCIMENTO et al., 2016; PEREIRA JÚNIOR; SANTOS, 2016). Além disso, o índice Kappa foi empregado pois ele considera todos os elementos da matriz, não somente a diagonal principal (CARDOSO; CENTENO, 2015; MENESES; ALMEIDA, 2012; NASCIMENTO et al., 2016; PARANHOS FILHO et al., 2014; PEREIRA JÚNIOR; SANTOS, 2016; SIVAKUMAR, 2014).

Cabe salientar que a exatidão global varia de 0 a 100%, sendo obtida pela razão entre o número de pixels concordantes (diagonal principal da matriz de confusão) e o total de pixels classificados (SOPCHAKI et al., 2016). Enquanto que o índice Kappa varia de 0 a 1, sendo dividida em faixas conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Faixa de classificação do Índice Kappa

Coeficiente Kappa	Classificação
< 0,00	Ruim
0,00 - 0,20	Fraco
0,21 - 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Boa
0,61 - 0,80	Muito Boa
0,81 - 1,00	Excelente

Na Tabela 8 é apresentado um exemplo da matriz de confusão obtida e dos índices de exatidão global e Kappa, após a classificação da imagem para o ano de 2010 para o município de Pelotas. Nos apêndices podem ser visualizadas as demais matrizes de confusão de cada série histórica analisada.

Onde de acordo com Nascimento et al. (2016), as colunas de uma matriz representam a verdade de campo, enquanto as linhas representam a classificação gerada a partir dos dados de sensoriamento remoto.

Tabela 8: Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2010

Exatidão Global = (4111/4127) 99,61% Índice Kappa = 0,9953							
Classes	AA/AU	A/P	VA/MN	SE/A	MA	B-AL	Total pixels classificados
Não classificado	0	0	0	0	0	0	0
Área Antropizada/ Área Urbana	337	2	0	1	0		340
Agricultura/ Pastagem	5	785	0	0	0	0	790
Vegetação Arbórea/ Mata nativa	0	0	822	1	0	5	828
Solo Exposto/ Areia	0	0	1	687	0	0	688
Massa d'água	0	0	0	0	702	1	703
Banhados/Área Alagada	0	0	0	0	0	778	778
Total pixels reais	342	787	823	689	702	784	4.127

AA/AU: Área Antropizada/Área Urbana; A/P: Agricultura/Pastagem; VA/MN: Vegetação Arbórea/Mata nativa; SE/A: Solo Exposto/Areia; MA: Massa d'Água; B-AL: Banhado/Área Alagadas.

Podemos observar que dos 342 pixels que corresponderiam a área antropizadas, identificada em campo, apenas cinco não foram classificados como área antropizadas/urbana, mas sim como agricultura/pastagem. Todavia, na área de agricultura e pastagem dos 787 pixels detectados, dois foram identificados como área urbana. Por conseguinte, dos 823 pixels classificados como vegetação arbórea/mata nativa, apenas um correspondia a solo exposto/areia. Entretanto a classe solo exposto/areia se confundiu em dois pixels, sendo eles correspondentes a área antropizadas e a mata nativa, no enquanto a massa d'água não se confundiu com nenhuma classe. Por fim dos 784 pixels identificados como sendo de banhados/áreas alagadas, cinco pixels foram confundidos com vegetação arbórea/mata nativa e um com massa d'água.

Contudo, através da exatidão global, pode-se dizer que a classificação automática pelo método da MaxVer foi satisfatória pois apresentou mais de 99% dos pixels classificados corretamente. Com relação ao índice Kappa conforme foi proposto por Landis e Koch (1977) a classificação é considerada excelente.

O software utilizado para a classificação das imagens foi o MultiSpec versão 3.4. Sendo que os mapas de uso e cobertura da terra para o município de Pelotas obtidos para a série histórica deste estudo, foram resultantes da classificação das imagens de satélite, sendo gerados no formato *matricial/raster*. Por conseguinte, após a classificação, os mapas temáticos de uso e cobertura da terra foram convertidos do formato raster para o formato vetorial. Sendo que a conversão para o formato vetorial possibilitou o cálculo das áreas de cada classe em cada período. Esse cálculo se deu a partir da calculadora geométrica do software QGIS versão 2.16, que quantificou a área de todos os polígonos gerados bem como a área total de cada classe em estudo.

Para a confecção dos mapas de uso e ocupação das terras, utilizou-se as cores indicadas no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), conforme indicado na Tabela 9.

Tabela 9: Classes de uso e cobertura das terras e suas respectivas cores em RGB

Classe	Uso e Cobertura da Terra	RGB	Composição RGB
1	Área Antropizada/ Área Urbana	255,168,192	
2	Pastagem/ Agricultura	205,137,000	
3	Mata Nativa/ Vegetação Arbórea	115,168,000	
4	Solo Exposto/ Areia	178,178,178	
5	Massa d`água	153,194,230	
6	Banhados/ Área Alagada	214,255,254	

5.3 Resultados e Discussão

Após a obtenção das imagens classificadas para cada período, foi obtida a matriz de confusão para validar a classificação realizada. Na Tabela 10 é apresentada a acurácia do classificador Máxima Verossimilhança, através do percentual de exatidão global e do coeficiente Kappa para todas as imagens.

Tabela 10: Precisão da classificação através da exatidão global e índice Kappa.

Índice de acurácia	Anos						
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Exatidão Global (%)	98,58	95,80	95,55	99,47	97,35	99,61	88,51
Índice Kappa	0,98	0,95	0,93	0,99	0,96	0,99	0,86

Os resultados mostraram que as acurácias globais nos anos de estudo foram superiores a 95%, com exceção do ano de 2015, que apresentou uma

acurácia de 88,5% e um índice Kappa inferior aos demais períodos, provavelmente decorrente do processo de reamostragem realizada para degradar a resolução espacial da imagem neste ano proveniente do sensor OLI do satélite LANDSAT-8.

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo realizado por Pereira e Santos (2016) que utilizaram o sensor TM presente no LANDSAT-5 para monitorar o desflorestamento do município de Xinguara no Pará, utilizando o classificador MaxVer em uma série histórica compreendida entre 1985 a 2010, onde obtiveram uma exatidão global superior a 95% e um índice Kappa superior a 0,90 para todos os anos, com exceção do ano 2000 onde o índice Kappa apresentou inferior aos demais (0,89).

Em contraponto Kibret, Marohn e Cadisch (2016) ao avaliarem as mudanças no uso e cobertura da terra no sul da Etiópia Central utilizando imagens LANDSAT para os anos de 1972, 1984, 1994, 1999 e 2013, obtiveram um índice global variando de 83 a 89% e o índice Kappa entre 0,78 a 0,85, contudo os autores consideraram a classificação adequada.

Conforme mencionado anteriormente para que uma classificação seja considerada adequada analisando a exatidão global, busca-se que seus valores sejam altos, pois quanto maior for o valor da exatidão global, maior será a quantidade de pixels classificados corretamente (HENTZ et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2016; PEREIRA JÚNIOR; SANTOS, 2016). Por conseguinte, em relação ao coeficiente Kappa, segundo a classificação definida por Ladis e Koch (1977) no presente estudo corresponde a uma classificação excelente em todos os períodos estudados.

O padrão de uso da terra da área de estudo entre os anos de 1985 e 2015 evidenciam a transformação ocorrida durante os 30 anos de análise (Figura 3).

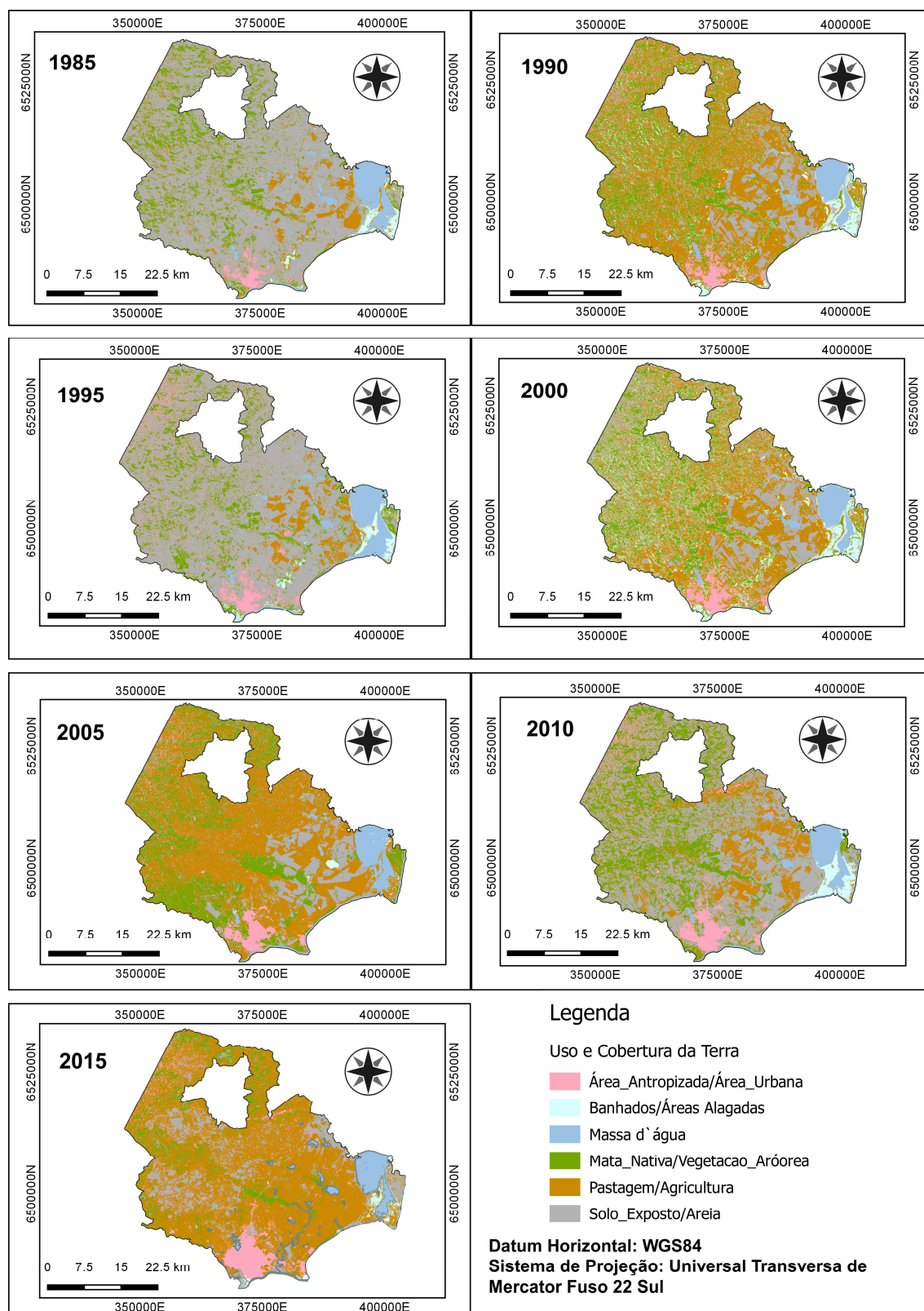


Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Pelotas entre os anos de 1985 a 2015

Através de uma análise visual, é possível verificar a expansão urbana no decorrer do tempo, sendo que esta ocorreu preeminente no sentido

noroeste e leste. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Xavier (2010) ao analisar o sentido do crescimento urbano do município de Pelotas para os anos de 1989 e 2006.

Por conseguinte, as quantificações das mudanças que ocorreram no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015 podem ser observadas na Tabela 11.

Tabela 11: Classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas áreas 1985 - 2015

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Área Km ²						
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Área Antropizada/ Área Urbana	43,27	107,17	114,81	130,52	148,93	185,38	278,98
Pastagem/ Agricultura	125,77	519,87	133,06	699	747,66	233,56	820,74
Mata Nativa/ Vegetação Arbórea	179,34	174,05	158,16	150,86	209,87	134,33	114,79
Solo Exposto/ Areia	1131,64	481,91	1022,96	437,2	317,53	869,55	249,58
Massa d'água	100,75	63,95	65,71	60,03	66,6	61,71	62,78
Banhados/ Áreas Alagadas	29,31	263,13	115,39	132,48	119,5	125,55	83,22

Constata-se que a área urbana apresentou um aumento de 235,71 Km², enquanto que a área de mata nativa se reduziu a 64,55 Km² durante os 30 anos. Por conseguinte, a área referente às pastagens e agricultura, bem como solo exposto e areia apresentaram uma variação inversamente proporcional ao longo dos anos, isso pode ser explicado pelo fato das imagens de satélite utilizadas neste estudo, serem de períodos distintos, fazendo com que na maior parte do território ocorra uma variação entre os diferentes tipos de manejo do solo.

Com relação a classe de massa d'água vem ocorrendo uma redução na área no decorrer dos anos, que possivelmente esta relacionada com o assoreamento dos cursos d'água. Algo semelhante ocorreu nas áreas de banhado que em 1985 eram de apenas 29,31 Km², porém em 1990 passou para 233,82 Km², contudo com o passar dos anos seguintes reduziu aproximadamente 180 km² de sua área. Esta redução pode estar associada a ocupação irregular provocada pelo crescimento urbano que favorece a ocupação de áreas de várzea.

A Figura 4 exemplifica melhor as mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra em Pelotas durante estes 30 anos.

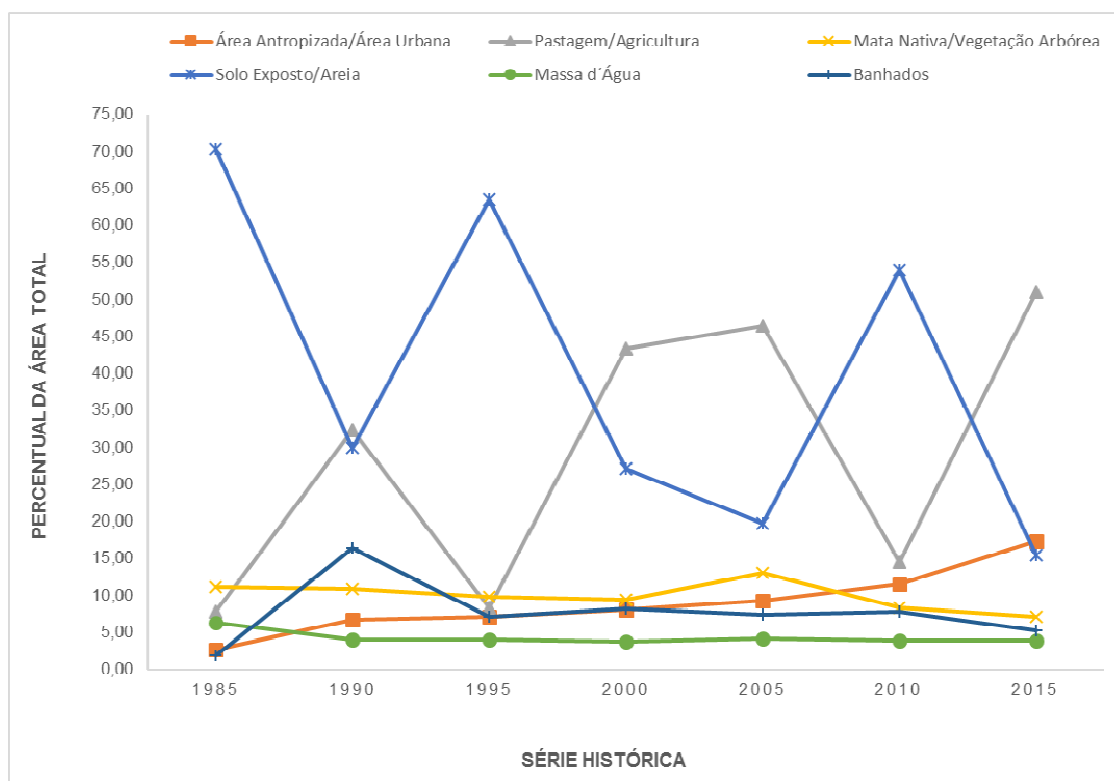


Figura 4: Percentual da área das classes de uso e ocupação da terra entre os anos de 1985 a 2015.

O processo de urbanização em que o município de Pelotas vem sofrendo ao longo dos anos, bem como os impactos que o crescimento urbano tem provocado sobre as áreas de vegetação arbórea/mata nativa podem justificar o aumento das áreas urbanas e um decréscimo na área de vegetação. Percebe-se um decréscimo na área de mata nativa e ou vegetação arbórea, porém no ano de 2005 houve um aumento de 3,66% na área vegetada. Provavelmente este aumento da área foi provocado pelo incentivo a silvicultura causado pela instalação da empresa Votorantim Celulose e Papel na metade sul do Estado.

Observa-se que o município de Pelotas apresenta predominância de pastagens e ou agricultura ao longo de toda a série histórica, destacando também que há alternância entre pastagem/agricultura e solo exposto/areia (Figura 3). Este fato pode ser explicado pela diversidade no uso e manejo do solo por parte da agricultura do município. Uma vez que a parte norte e leste do município apresenta grandes extensões de lavouras de orizicultura e pecuária.

De acordo com o estudo sobre a dinâmica do uso e cobertura da terra desenvolvido por Fernandes et al. (2015) na região semiárida de Sergipe os intensos processos de antropização no período de 2003 a 2013 provocaram uma redução de 9,4% na área da Caatinga, sendo este um importante bioma brasileiro.

Os resultados do estudo realizados por Simon, Filipim e Lopes (2017) corroboram com os encontrados neste trabalho, no qual os autores analisaram a evolução do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Chasqueiro nos anos de 1947 e 2017, onde foi identificado que ocorreu uma diminuição das coberturas naturais, devido a atividades agrícolas, modificando assim as características naturais da bacia hidrográfica estudada.

5.4 Conclusão

Com base na classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto para o município de Pelotas, pode-se perceber que houve mudanças no uso e ocupação da terra entre os anos de 1985 e 2015. Sendo que as principais mudanças ocorridas foram com relação a expansão urbana com predominante sentido noroeste e leste. Sendo assim, a expansão urbana se deu inclusive sobre áreas de proteção permanente, o que favoreceu a redução das áreas de vegetação.

O estudo da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015 mostrou-se importante para a avaliação da degradação ambiental exercida sobre áreas de interesse ambiental, sendo, portanto, o ponto de partida para um planejamento e gestão do território visando o desenvolvimento sustentável.

Deste modo é reconhecida a necessidade de crescimento urbano pelas diversas demandas produtivas, culturais e econômicas. Contudo, é demonstrado nesse trabalho que parte desta expansão no município de Pelotas não foi bem planejada. Sugere-se que novas expansões sejam melhor avaliadas com diligência aos recursos naturais, buscando assim uma expansão sustentável, ou seja, forma racional e equilibrada sobre os recursos naturais, a citar o solo e os recursos hídricos, os quais são de fundamental importância histórica e econômica para a região Sul do Rio Grande do Sul.

6 Capítulo 2 – Análise dos conflitos entre a legislação ambiental e o uso da terra sobre áreas de preservação permanente no município de Pelotas – RS

6.1 Introdução

As progressivas explorações dos recursos naturais têm provocado significativas e insustentáveis mudanças negativas na paisagem natural. Todavia este fato decorre principalmente do aumento da urbanização atrelado aos impactos decorrentes de atividades econômicas como por exemplo, da agricultura industrial, das criações extensivas de animais, do mercado imobiliário e da mineração, que modifica o ambiente, tornando-o frio e sem vida (CUNHA; LUCENA; SOUSA, 2017).

Os impactos socioeconômicos como a valorização imobiliária próxima às áreas naturais, estimula a ocupação de áreas de grande importância ambiental, o que, por conseguinte favorece a degradação deste ambiente (LUCAS et al., 2016). Da mesma forma, na zona rural a expansão das atividades agropecuárias vem impulsionando a fragmentação da paisagem, uma vez que se utiliza de áreas de vegetação nativa, ocasionando assim, um desequilíbrio na natureza (LASANTA; et al., 2015).

Contudo, cabe salientar que o antigo Código Florestal de 1965 através de seu art. 4 já garantia a intocabilidade dos espaços de vegetação de proteção permanente, permitindo apenas a supressão desta vegetação em caso de utilidade pública, ou de interesse social, devendo ser autorizada pelo órgão ambiental competente após a inexistência de locais e alternativas técnicas para a atividade ou empreendimento proposto (BRASIL, 1965; PELUZIO, 2012).

Zanata et al. (2016) relatam que a perda da qualidade ambiental no território brasileiro vem ocorrendo inclusive em áreas que deveriam ser

intocadas, como as áreas de preservação permanente (APPs). Estas áreas são protegidas por lei e tem o objetivo de preservar a paisagem, os recursos hídricos, garantir a preservação da biodiversidade da fauna e flora, proteção do solo e assegurar o bem-estar da população (BRASIL, 2012).

Assim, a ocupação inadequada das APPs pode acarretar uma série de consequências negativas, como a alteração do habitat de espécies da flora e fauna e contaminação da água e do solo. Portanto, a ocupação destas áreas por atividades antrópicas caracteriza-se como conflito legal de uso e ocupação da terra (ALVES et al., 2015; MIDON, 2014; SILVA; ROCHA; NETO, 2016). De acordo com Silva, Rocha e Neto (2016), a legislação ambiental brasileira apresenta grandes falhas, uma vez que não inclui muitas das áreas que deveriam ser protegidas, possibilitando lacunas para diversas interpretações por parte dos que ocupam áreas de importância ambiental de forma incorreta.

Além disso, há dificuldade em se delimitar as áreas de importância ambiental, assim como de fiscalizar estes espaços, devido a deficiência do poder público em obter recursos para aquisição de meios a fim de garantir que a legislação ambiental seja cumprida (CUNHA; LUCENA; SOUSA, 2017; PELUZIO, 2012). Contudo, uma alternativa para auxiliar na gestão, planejamento e fiscalização das áreas de importância ambiental e assim garantir que a legislação seja cumprida, é o emprego das geotecnologias. (SILVA; SILVA; LEONARDI, 2015).

O município de Pelotas, objeto de estudo deste trabalho, vem expandindo sua área urbana ao longo dos anos, principalmente decorrentes do processo de crescimento demográfico, causado dentre outros fatores, pelos incentivos do Governo Federal nos setores da educação e habitação. Desde o ano de 2007 o governo vem investindo no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que tinha o objetivo de promover a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura logística, social, urbana do país, visando seu desenvolvimento sustentável. Deste modo, no município de Pelotas houve um crescimento no número de construções de imóveis, acelerando assim o processo de expansão urbana (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2007).

Outra política pública que contribuiu para a expansão urbana no município, foi o Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) lançado em 2007 também pelo Governo Federal, que visava a melhoria da qualidade da educação e a redução de desigualdades relativas às oportunidades educacionais. Sendo assim, houve um aumento no número de vagas tanto para docentes como para discentes nas universidades federais e institutos federais de educação, ciência e tecnologia (Ifet) (MEC, 2007).

Cabe destacar que a cidade de Pelotas é considerada como um polo estudantil, pois há cinco grandes instituições de ensino, sendo elas: a Universidade Federal de Pelotas, dois câmpus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (Câmpus Pelotas e Visconde da Graça), duas universidades particulares (Universidade Católica de Pelotas e a Faculdade Anhanguera) que juntas contribuem em média com 28 mil alunos matriculados (INEP, 2016), promovendo o aumento da demanda por habitação e serviços.

Mesmo sendo considerada população flutuante, os estudantes permanecem na cidade por um período longo, ocupando residências e acelerando a economia municipal.

Outro fator que acelera a ocupação irregular em áreas de proteção ambiental no município, são decorrentes das características hidrográficas do mesmo. Dentre as áreas de proteção que sofrem os efeitos da expansão urbana, estão às margens do Arroio Pelotas (na qual encontram-se em processo de expansão urbana através do loteamento Marina Ilha Verde e Recanto de Portugal), Loteamento Pontal da Barra (este loteamento não obteve licenciamento, por estar localizado no Banhado do Pontal da Barra), área do porto de Pelotas que inclusive abriga a reitoria da UFPel.

Todavia, diante das políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento sustentável do país, Pelotas vêm apresentando sérios conflitos de uso e ocupação da terra com as áreas destinadas à proteção ambiental. Sendo assim, o objetivo desse capítulo é identificar, delimitar, analisar e mapear os conflitos entre uso e cobertura da terra e as áreas de preservação permanente no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015, com a ajuda do geoprocessamento.

6.2 Metodologia

A área utilizada para a realização da análise dos conflitos legais do uso e cobertura da terra e das áreas de APPs, inclui todo o município de Pelotas, cuja área total é de 1610,084 km² (IBGE, 2017).

Sendo que a base de dados espaciais (informações cartográficas) necessária para a geração do presente estudo foi fornecida pela Base Cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul na escala 1:50.000 de Hasenack e Weber (2010). Os seguintes planos de informação utilizados neste estudo no formato “shapefiles” (.shp):

- a) Hidrografia linha, representa os cursos d'água: rios, canais de drenagem e irrigação, arroios dentre outros de mesma categoria.
- b) Hidrografia polígonos, representa lagos, lagoas, laguna, açudes dentre outros de mesma categoria.

Além disto, foi utilizado o vetor do município de Pelotas gerado pelo IBGE, disponibilizado pelo Banco de Dados Geográfico do Exército Brasileiro - BDGEx (<http://www.geoportal.eb.mil.br/>), na escala 1:50.000 como máscara para recortar a hidrografia da base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul.

Para a determinação das áreas de conflitos legais primeiramente se fez necessário agrupar os dados vetoriais a serem utilizados no presente estudo. Adotou-se a hidrografia linha para designar os cursos d'água e a hidrografia polígonos para designar lagos/laguna.

Contudo, os dados da base cartográfica vetorial contínua utilizadas neste estudo apresentavam-se no datum horizontal Sirgas 2000 e projeção UTM fuso 22 Sul. Sendo assim foram convertidos para o Sistema Geodésio World Geodetic System de 1984 (WGS 84) e o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM Fuso 22 Sul.

Destaca-se que os canais de drenagem da cidade e os canais para irrigação de áreas agrícolas não foram considerados para a determinação das áreas de preservação permanente. Deste modo, esses cursos d'água foram excluídos do plano de informação da hidrografia linha, restando apenas rios e arroios.

Através da ferramenta “recortar” do software QGis versão 2.16, cortou-se as camadas vetoriais de hidrografia linha e polígono utilizando o vetor do município de Pelotas como máscara. A Figura 5 apresenta a área de estudo com as camadas vetoriais da hidrografia.

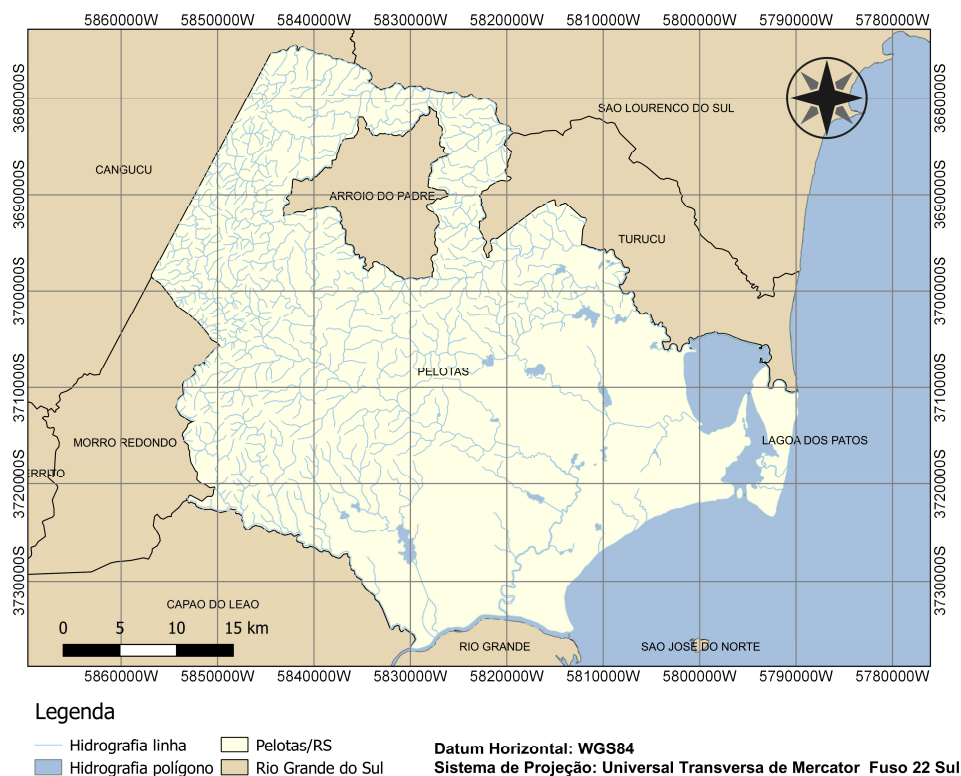


Figura 5: Hidrografia do município de Pelotas/RS.

No início de cada curso d'água é possível assumir que existe uma fonte de água e, portanto, um ponto pode representar a nascente de água deste manancial (PELUZIO, 2012). Para a determinação das nascentes foi preciso criar uma camada vetorial, e adicionada a feição “ponto” no início de cada curso d'água.

De posse da base de dados, iniciou-se o processo de mapeamento das APP's da área em estudo, considerando: faixa marginal ao longo dos cursos d'água, ao redor de lagos, lagoas e laguna e ao redor de nascentes baseado nos critérios estabelecidos pela Lei Federal nº 12.651/2012 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites das APP's (Tabela 1).

Através do software QGis versão 2.16, foram delimitadas as classes para a APP de Nascentes (tomando um raio de 50 metros a partir do ponto central das nascentes) e, por conseguinte, para as APPs de cursos d'água sendo esta última através da edição da tabela de atributos (descrição das características do dado vetorial) classificou-se a hidrografia de acordo com a largura dos cursos d'água.

Sendo que os cursos d'água com: i) largura até dez metros, fez-se buffer de 30 metros; ii) a hidrografia com largura entre 10 e 50 metros se fez um buffer de 50 metros; iii) largura entre 50 e 200 metros, fez-se buffer de 100 metros e iv) largura entre 200 e 600 metros, fez-se buffer de 200 metros.

Com isso dentre os de cursos d'água que apresentam largura até 10 metros estão os arroios Quilombo e Santa Eulália; por conseguinte, na largura entre 10 e 50 metros tem-se os arroios Micaela e Moreira; já a largura entre 50 e 200 metros foi composta pelos arroios Pelotas e Fragata e por fim na largura entre 200 e 600 metros está o Canal São Gonçalo.

Destaca-se que para as APPs de lagos/laguna, para lagos em áreas urbanas, foi realizado um buffer de 30 metros e os lagos de áreas rurais menores que 20 hectares o buffer empregado foi de 50 metros.

Portanto, após a criação dos buffers foi verificada a sobreposição de áreas entre as diferentes camadas da hidrografia, uma vez que, algumas áreas que deveriam representar apenas as nascentes, outras os cursos d'água e outras lagos/laguna. Contudo, ainda existe, áreas comuns às diferentes feições devido a sobreposição entre as camadas. Deste modo, foi preciso utilizar a ferramenta “cruzar” do software QGis versão 2.16 para criar a camada vetorial contendo apenas as áreas comuns de APPs entre cursos d'água e nascentes e cursos d'água e lagos/laguna. Por fim, foi utilizada a ferramenta “diferença simétrica” para criar as camadas vetoriais desconsiderando as áreas comuns.

Cabe salientar que o Código Florestal (BRASIL,2012) determina ainda que as áreas de várzea (denominação federal dada aos banhados), sejam protegidas, porém, não há na legislação Estadual e Federal critérios que estabeleçam a demarcação do espaço permanentemente brejoso e encharcado. Deste modo, os banhados não são considerados em estudos de conflitos legais entre uso e cobertura do solo e APPs.

Contudo, neste estudo foi considerada APP de várzeas apenas o banhado do Pontal da Barra, pelo fato deste ser considerado uma Reserva Particular do Patrimônio Natural Federal (RPPN) conforme a Portaria nº 78 de 21 de setembro de 1999, que institui sua criação. Sendo assim, a área da RPPN Pontal da Barra foi obtida do site da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA, 2017) em arquivo no formato kml. Logo após realizar o download do arquivo, realizou-se a conversão deste para extensão shapefile.

Segundo o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), deve-se considerar APP de banhados 50 metros a partir da área definida como espaço permanentemente brejoso e encharcado. Neste estudo, foi criado um buffer de 50 metros sobre a camada vetorial do banhado Pontal da Barra, sendo que estes procedimentos foram realizados no software QGis versão 2.16.

Foi verificada a sobreposição das áreas de APPs de nascentes, cursos d'água, lagos/lagunas com a RPPN, através da ferramenta “cruzar” para a obtenção das áreas comuns e logo após, utilizou-se a ferramenta “diferença simétrica” para remover das camadas vetoriais dos cursos d'água e da lagoa/laguna as áreas comuns.

Para a geração do mapa de APP's Total foram utilizados os dados obtidos individualmente no mapeamento de cada classe de APP's, as quais foram agrupadas em um único plano de informação sem sobreposições, que obedeceu a uma ordem de prioridades, sendo esta em ordem decrescente: APP's de nascentes, APP's de cursos d'água, APP's de lagos/laguna e APP banhado do Pontal da Barra (RPPN).

Porquanto, a quantificação das áreas correspondentes aos diferentes tipos de cada APP e seus percentuais em relação à área total de APP e à área do município de Pelotas foram obtidas através da calculadora de campo do QGis.

Para a determinação dos conflitos legais, utilizou-se o arquivo vetorial contendo todas as APPs e os mapas de uso e ocupação da terra do município de Pelotas para os anos de 1985 e 2015. Sendo que para tal procedimento, realizou-se o cruzamento das áreas de APPs com o mapeamento do uso e cobertura da terra para os mesmos períodos obtidos como resultado do capítulo I deste trabalho (ver tópico 5.2.1, página 44). Ao realizarmos o

cruzamento destas camadas no QGis, foi possível verificar onde as áreas de preservação permanente colidem com os usos e coberturas da terra, sendo, portanto, incompatíveis com a proteção destas áreas, ou seja, após o cruzamento destas informações foi possível verificar os conflitos legais existentes no município. Sendo assim, foi realizada a quantificação percentual da área de APPs real em relação à exigência legal; bem como o percentual de uso e ocupação da terra que diverge das APPs, localizadas dentro da área total das APPs. A Figura 6 sintetiza as etapas de processamento e análise dos dados.

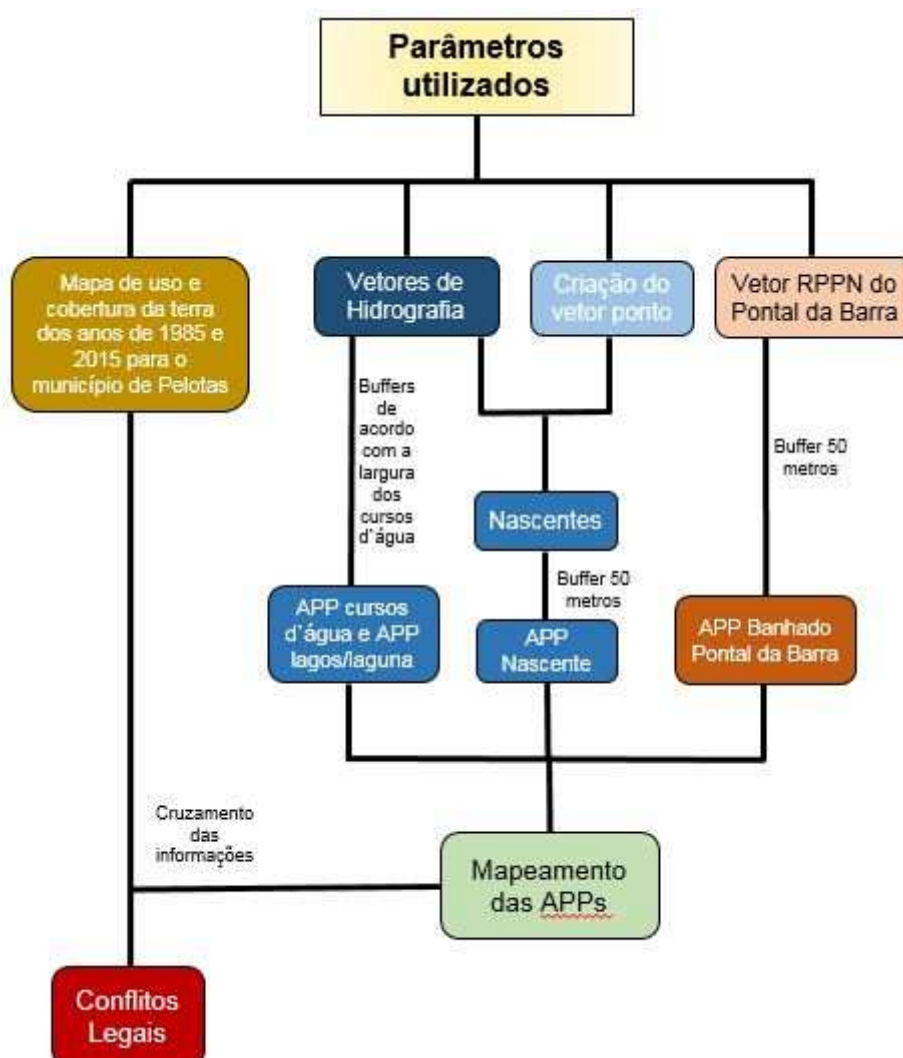


Figura 6: Fluxograma da metodologia utilizada para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reserva Particular Permanente Natural (RPPN) para o município de Pelotas.

Para quantificar as áreas de conflitos legais, foi utilizada a ferramenta “Statist” do QGIS versão 2.16, cujo objetivo é calcular a soma das áreas incompatíveis com as APPs.

6.3 Resultados e Discussão

A delimitação das Áreas de Proteção Permanente definidas pelo Código Florestal (BRASIL, 2012) para o município de Pelotas, serão denominadas de APPs Legais e estão apresentadas na Figura 7. Sendo que as APP's Legais correspondem as APP's totais sem sobreposição, existentes na área de estudo, porquanto cabe salientar que, por lei, deveriam apresentar todas suas áreas cobertas por vegetação florestal.

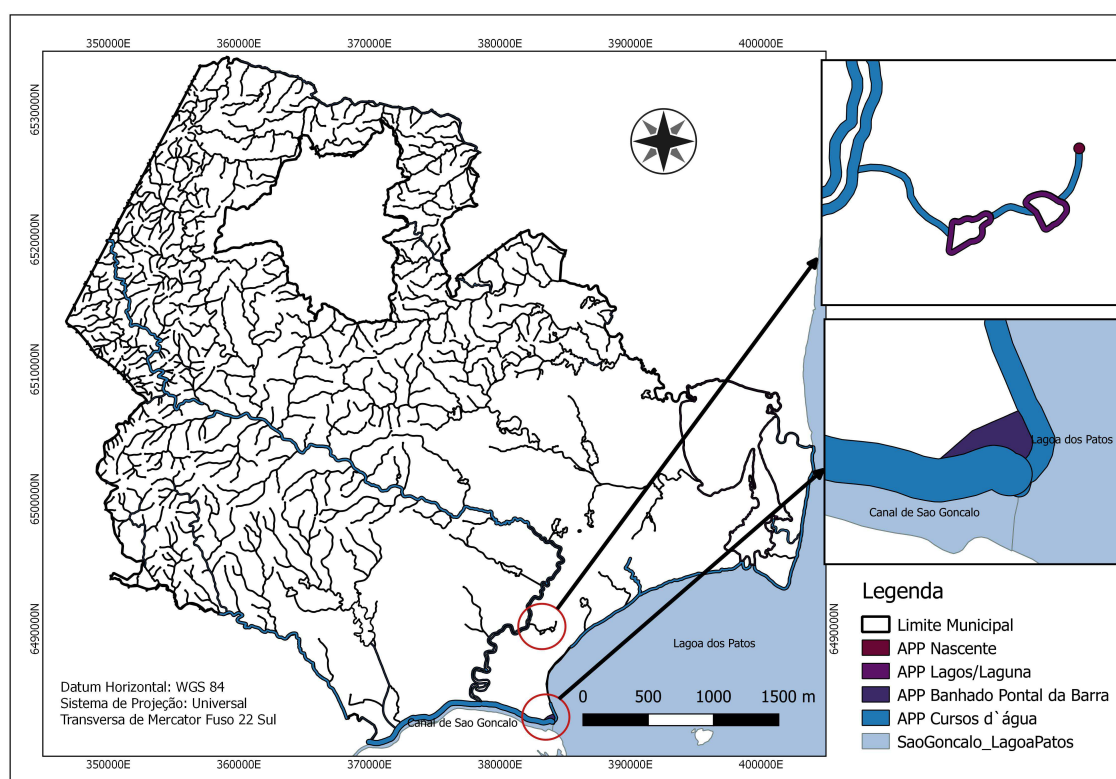


Figura 7: Delimitação das Áreas de Preservação Permanente Legais.

As áreas de APPs Legais foram, portanto, delimitadas de acordo com o novo Código Florestal para cada classe de APP estudada (Tabela 1) e podem ser observadas na Tabela 12. Na qual a área total das APPs Legais para o

município de Pelotas representa apenas 8,23% da área total do município. Sendo que as APPs de cursos d'água, apresentam maiores áreas, ou seja, 88,85% da área total das APPs Legais. Já as APPs de lagoa/laguna representam 8,19% da área total de APPs, seguida respectivamente por 2,74% e 0,22%, correspondente às APPs de nascentes e do banhado Pontal da Barra.

Tabela 12: Áreas das APPs Legais de acordo com as classes: cursos d'água, nascentes, lagos/laguna e RPPN.

Classe de APP	Área (ha)	Área (Km ²)	Percentual das APPs em cada classe em relação às APPs Legais (%)
Nascente	363,06	3,63	2,74
Cursos d'água	11775,12	117,75	88,85
Lagos/Laguna	1085,11	10,85	8,19
Banhado Pontal da Barra -RPPN	29,05	0,29	0,22
Área Total de APPs	13252,34	132,52	100

Em estudos realizados por Midon (2014) para a delimitação das APPs do distrito de Monte Bonito/RS, as APPs para os cursos d'água representavam 6,59% da Área de Proteção Permanente Legal para a área de estudo, sendo considerada a segunda área com maior restrição quanto à ocupação.

6.3.1 Dinâmica dos conflitos legais entre uso e cobertura da terra e as Áreas de Preservação Permanente no ano de 1985

De acordo com a classificação do uso e cobertura da terra para o ano de 1985 o município de Pelotas apresentou para a área total do município 2,69% de área antropizada, 7,81% de pastagem e agricultura, 11,14% de mata nativa ou vegetação arbórea; 70,28% de solo exposto e areia; 6,26% de corpos d'água e 1,82% de banhados ou áreas alagadas. A Figura 8 apresenta o mapa temático para o ano de 1985 com relação ao uso e cobertura da terra.

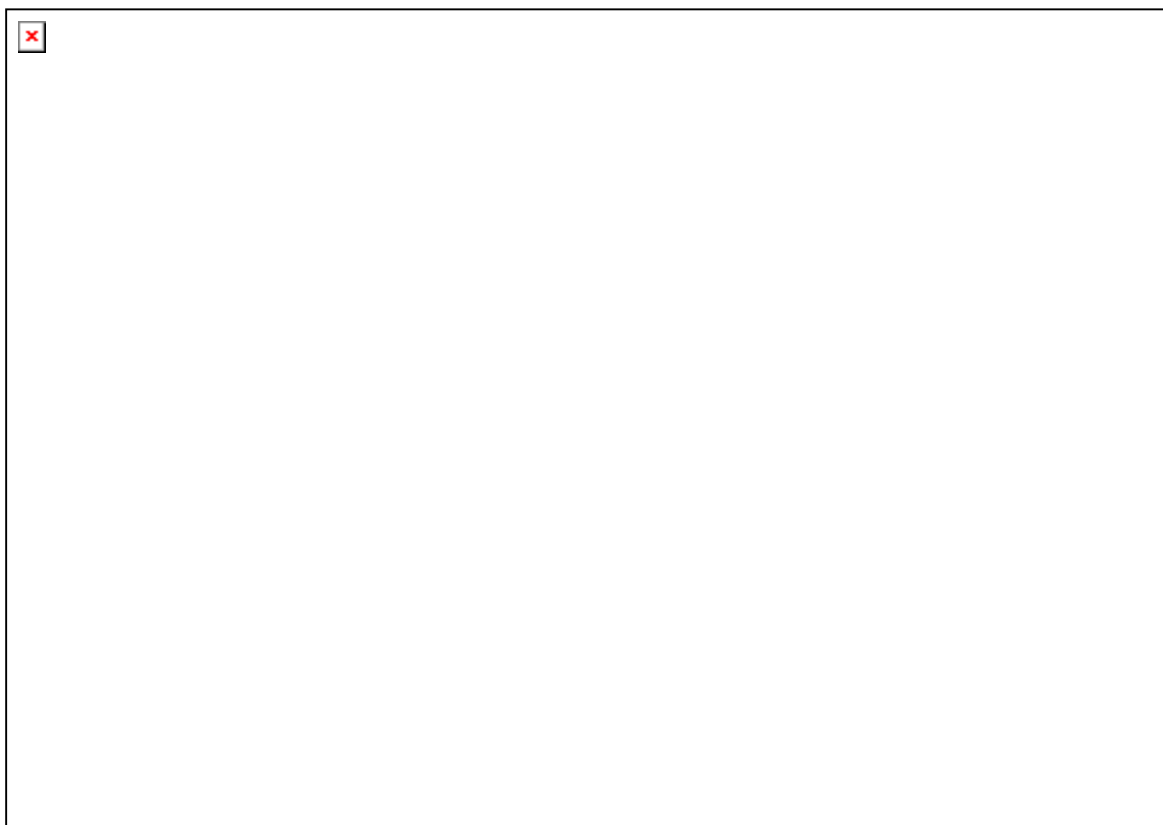


Figura 8: Mapa temático de uso e ocupação da terra para o ano de 1985.

Em conformidade com a Lei Federal nº 12.651/2012, foram delimitadas APPs Legais, ou seja, áreas cuja utilização deverá estar em consonância e permissividade com a legislação ambiental. Consideram-se áreas em conformidade, aquelas em que as APPs estão localizadas sobre mata nativa/vegetação arbórea e banhados/áreas alagadas, as demais classes se enquadram como não conformes.

A Figura 9 apresenta o mapa dos conflitos de uso e cobertura da terra no ano de 1985.

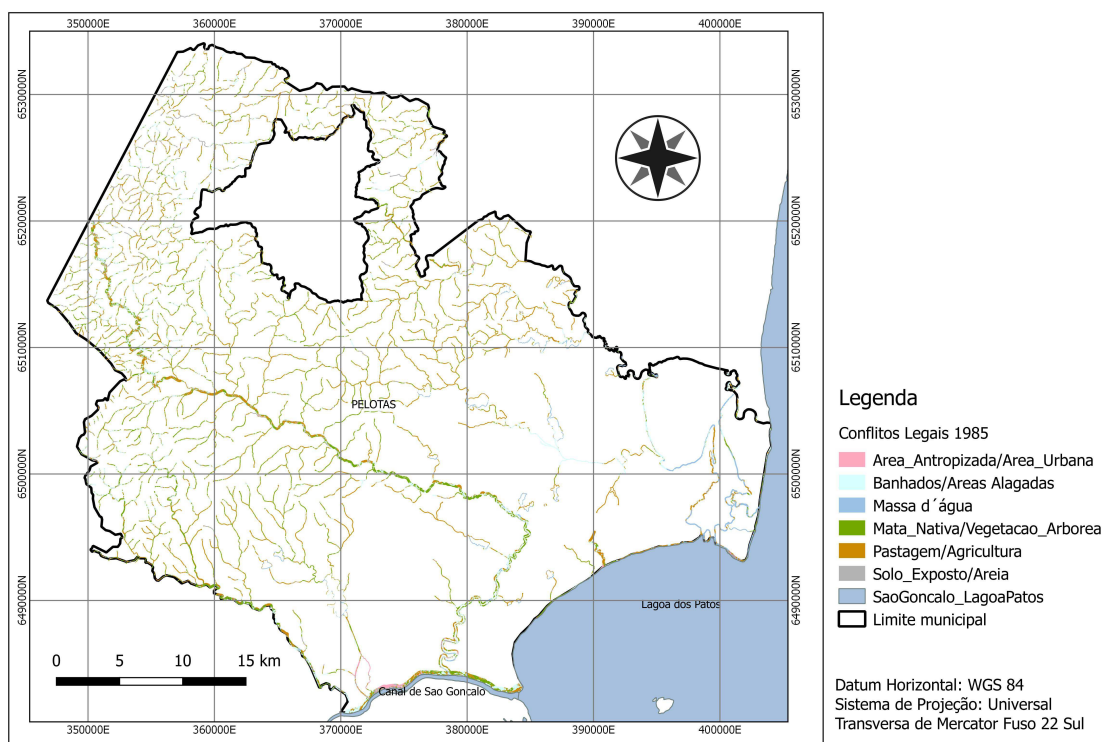


Figura 9: Conflitos de uso e cobertura da terra para o ano de 1985.

A Tabela 13 apresenta os conflitos legais existentes sobre as APPs para o ano de 1985, onde evidencia-se as áreas e os percentuais correspondentes as classes de conflito.

Tabela 13 - Conflitos nas Áreas de Preservação Permanentes em Pelotas/RS no ano de 1985.

Classe de APP	Área (Km²)	Conflitos de uso (%)	Percentual legal das APPs em cada classe (%)
Nascentes	2,02	1,52	2,74
Cursos d'água	65,42	49,43	88,85
Lagos/Laguna	6,03	4,55	8,19
Banhado Pontal da Barra	0,16	0,12	0,22
Total do uso não conforme (onde há conflitos)	73,62	55,63	100
Total do uso conforme	58,73	44,37	
Total	132,35	100,00	

No ano de 1985 evidencia-se que 49,43% dos conflitos de uso e cobertura da terra estão nas APP de cursos d'água, 4,55% nas APP de lagos/laguna, 1,52% nas APP de nascentes e 0,12% na APP do Banhado Pontal da Barra. De modo geral, 55,63% do território destinado à preservação ambiental apresenta conflitos legais, estando portando, em discordância com a legislação ambiental. Um dos motivos pelo qual há maior conflito nas APPs de cursos d'água na zona rural, pode estar relacionado à necessidade de captação de água para as atividades agropecuárias, de outro modo, na zona urbana, podem ser decorrentes do processo de expansão urbana da cidade, tendo em vista que a cidade foi fundada às margens do Canal São Gonçalo e Arroio Pelotas (PELOTAS, 2013).

A Tabela 14 permite analisar as classes de uso e cobertura da terra dentro de cada classe de APP. Observa-se que os conflitos que ocorrem nas nascentes, cursos d'água, lagos e banhado são decorrentes das pastagens e agricultura, seguida pelo solo exposto, pela massa d'água e pela área antropizada, enquanto que existe conformidade legal nas classes de mata nativa e banhados.

Pode-se observar que dos 117,75 Km² destinadas as APPs legais dos cursos d'água, 47,74 Km² são ocupadas com pastagens e ou agricultura, 10,29 Km² com solo exposto/areia e 3,19 Km² com área antropizada. Já na classe das APPs de nascentes, dos 3,63 Km² da área total de APP legal, 1,47 Km² são ocupadas com pastagem/agricultura, 0,32 Km² com solo exposto areia e 0,10 Km² com área antropizada.

Tabela 14: Dinâmica do uso e cobertura da terra sobre as APPs no ano de 1985.

Classes de Uso e Cobertura da terra	Nascentes (Km ²)	Cursos d'água (Km ²)	Lagos (Km ²)	Banhado (Km ²)
Área Antropizada/ Área Urbana	0,10	3,19	0,29	0,01
Pastagem/Agricultura	1,47	47,74	4,40	0,12
Mata Nativa/Vegetação Arbórea	0,87	28,21	2,60	0,07
Solo Exposto/Areia	0,32	10,29	0,95	0,03
Massa d'água	0,13	4,19	0,39	0,01
Banhados/Áreas Alagadas	0,75	24,28	2,24	0,06
TOTAL	3,63	117,75	10,85	0,29

Estes resultados corroboram com os estudos realizados por Zanata et al., (2016) que ao analisar os conflitos existentes na microbacia Ribeirão Preto, perceberam que a área de maior conflito em nascentes era decorrente das atividades de agricultura.

Em estudo realizado por Alves et al. (2015), cujo objetivo era delimitar e quantificar as APP's de cursos d'água e áreas antropizadas nos limites destas na bacia hidrográfica do rio Formoso, TO, também haviam encontrado uma área de maior conflito de uso e cobertura da terra em cursos d'água, representando cerca de 93% da área total das APPs, seguidas pelas APPs de lagos/laguna (7% da área total das APPs) e 0,03% da área total das nascentes.

Contrapondo estes resultados, Cunha, Lucena e Sousa (2017) ao utilizarem geotecnologias para delimitar os conflitos decorrentes do uso e ocupação de áreas de preservação permanente no rio Jaguaribe em Pernambuco, concluíram que os maiores conflitos estavam relacionados à expansão urbana e ocupação desordenada, de áreas de APPs junto aos mananciais superficiais.

6.3.2 Dinâmica dos conflitos legais entre uso e cobertura da terra e as Áreas de Preservação Permanente no ano de 2015

A classificação do uso e cobertura da terra para o ano de 2015 para o município de Pelotas apresentou uma área antropizada correspondente a 17,33%; 50,97% de pastagem e agricultura, 7,13% de mata nativa ou vegetação arbórea; 15,50% de solo exposto e areia; 3,90% de corpos d'água e 5,12% de banhados ou áreas alagadas. Sendo que na Figura 10 pode ser observado o mapa temático para o ano de 2015 com relação ao uso e cobertura da terra.

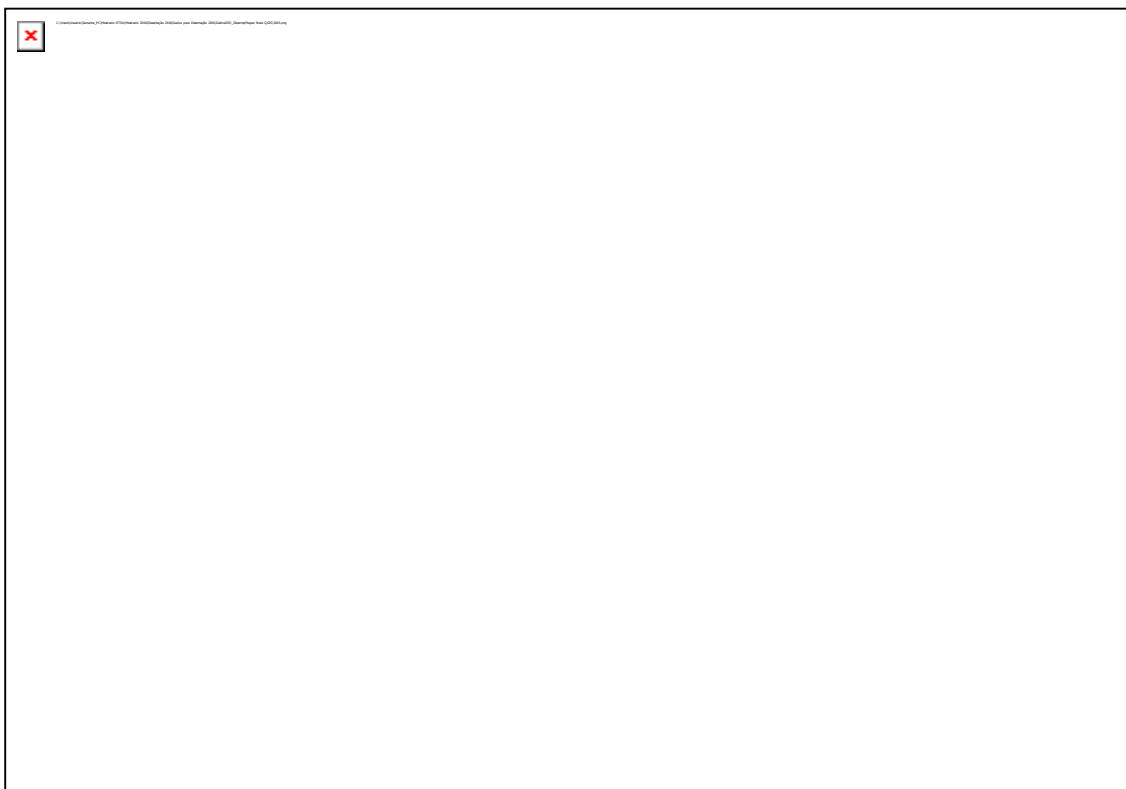


Figura 10: Mapa temático de uso e ocupação da terra para o ano de 2015.

A Figura 11 apresenta o mapa dos conflitos de uso e cobertura da terra no ano de 2015.

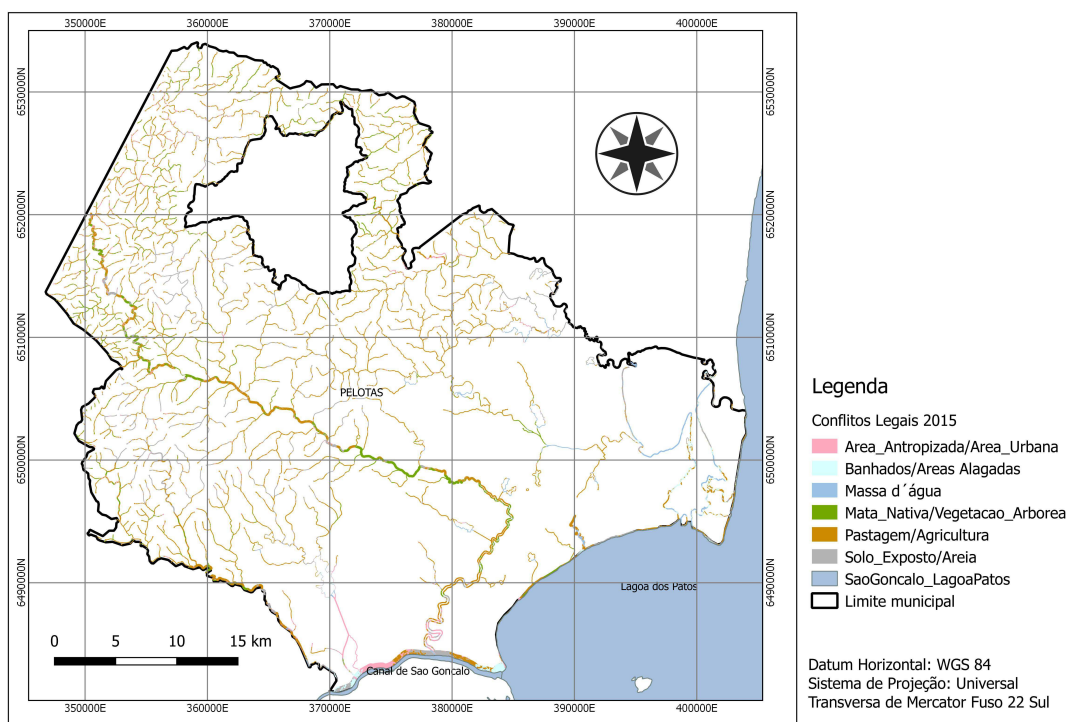


Figura 11: Conflitos de uso e cobertura da terra para o ano de 2015.

A Tabela 15 apresenta os conflitos legais existentes sobre as APPs para o ano de 2015, onde evidencia-se as áreas e os percentuais correspondentes as classes de conflito.

Tabela 15 - Conflitos nas Áreas de Preservação Permanentes em Pelotas/RS no ano de 2015.

Classe de APP	Área (Km ²)	Conflitos de uso (%)	Percentual legal das APPs
			em cada classe (%)
Nascentes	3,05	2,31	2,74
Cursos d'água	99,03	74,83	88,85
Lagos/Laguna	9,13	6,89	8,19
Banhado Pontal da Barra	0,24	0,18	0,22
Total do uso não conforme	111,45	84,21	100
Total do uso conforme	20,90	15,79	
Total	132,35	100,00	

No ano de 2015 evidencia-se que houve um aumento de 28,58% dos conflitos de uso e cobertura da terra nas APP consideradas neste estudo desde o ano de 1985. Deste modo, houve uma elevação na taxa de conflitos de uso e cobertura com a legislação ambiental em vigor no país. Pode-se observar que os maiores conflitos ainda continuam sendo junto às APPs dos corpos d'água, que aumentaram de 1985 para 2015 em 25,4%, porém seguindo a mesma ordem dos conflitos de 1985.

A Tabela 16 permite analisar as classes de uso e cobertura da terra dentro de cada classe de APP para o ano de 2015.

Tabela 16: Dinâmica do uso e cobertura da terra sobre as APPs no ano de 2015.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Nascentes	Cursos d'água	Lagos	Banhado
	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)
Área Antropizada/Área Urbana	0,46	14,85	1,37	0,04
Pastagem/Agricultura	1,72	55,84	5,15	0,14
Mata Nativa/Vegetação Arbórea	0,49	15,85	1,46	0,04
Solo Exposto/Areia	0,72	23,27	2,14	0,06
Massa d'água	0,16	5,08	0,47	0,01
Banhados/Áreas Alagadas	0,09	3,01	0,28	0,01
TOTAL	3,63	117,75	10,85	0,29

Percebe-se que dos 117,75 Km² de área de APP correlacionadas com cursos d'água, 55,84 Km² são ocupadas por pastagem/agricultura, 23,27 Km² por solo exposto e ou areia, 14,85 Km² por área antropizada.

Deste modo, constata-se na Tabela 16 que os conflitos que ocorrem nas nascentes, cursos d'água, lagos e banhado são decorrentes das pastagens e agricultura, seguida pelo solo exposto, pela área antropizada e pela massa d'água, enquanto que existe conformidade legal nas classes de mata nativa e banhados. Comparando os resultados dos conflitos legais obtidos para o ano de 1985, nota-se que os conflitos decorrentes da área urbana ocupam agora a terceira posição, demonstrando que a urbanização do município de Pelotas vem pressionando as áreas de interesse ambiental. Pode-se analisar que estas áreas que deveriam ser intocadas, ao longo dos anos, vem sofrendo modificações decorrentes da falta de planejamento, gestão e principalmente fiscalização.

De acordo com Parfitt (2016) ao estudar a segregação e impacto nas paisagens e na biodiversidade das áreas de preservação ambiental no município de Pelotas, as ocupações informais de áreas próxima à Laguna dos Patos, provocaram um impacto negativo ao meio ambiente devido ao desmatamento da Mata Atlântica. A autora ainda salienta que no período de 1980 a 2011, houve grandes incentivos por parte do mercado imobiliário, para a ocupação de áreas protegidas, como exemplo, a expansão do Laranjal, Recanto de Portugal e Marina Ilha Verde.

Na Figura 12 está destacado um trecho do Arroio Pelotas, na qual localiza-se o Condomínio Residencial de alto padrão imobiliário Marina Ilha Verde, situado no lado esquerdo da imagem e ao lado direito da imagem encontra-se o bairro Recanto de Portugal.

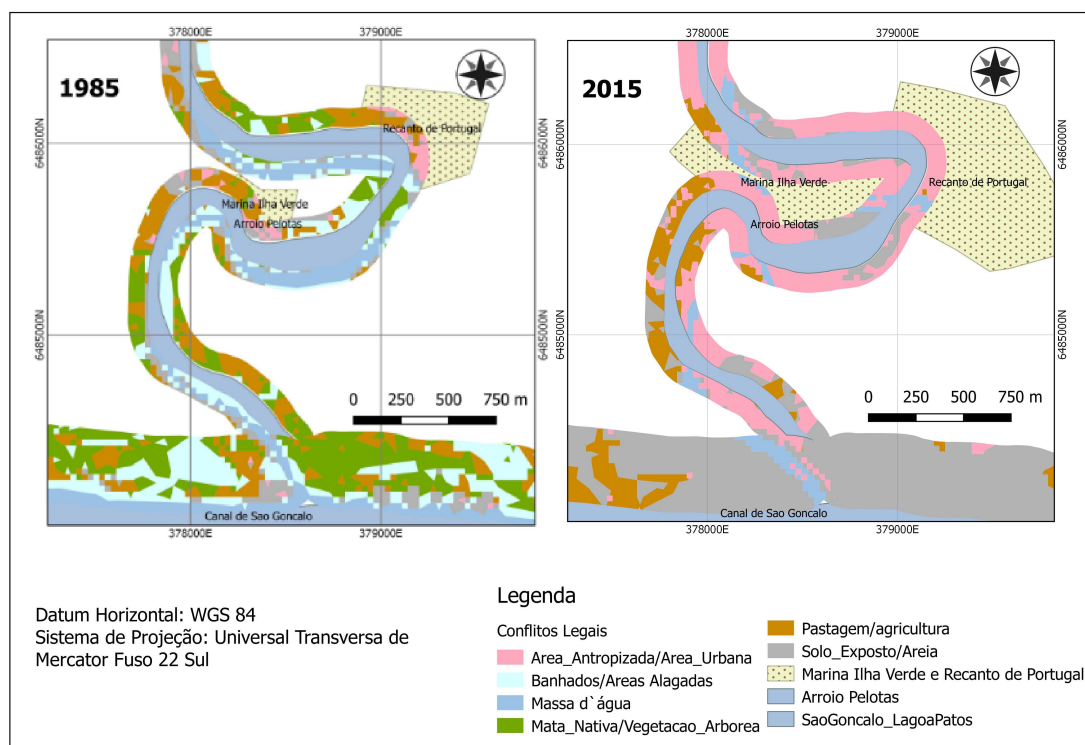


Figura 12: Detalhe do trecho do Arroio Pelotas entre os anos de 1985 e 2015.

Na imagem (Figura 12) é possível perceber claramente a dinâmica do uso e cobertura da terra ao longo dos 30 anos, o qual corrobora com estudos realizados por Parfitt (2016), quando esta afirma que a expansão urbana nestas áreas provoca alteração da paisagem e consequente degradação ambiental.

Cabe salientar que de acordo com a legislação ambiental as áreas de preservação permanente só podem ser utilizadas em caso de utilidade pública ou interesse social mediante autorização do órgão ambiental (BRASIL, 2012). Porém, devido à falta de planejamento ambiental e territorial no município, muitas construções acabam sendo edificadas sem autorização ambiental, sendo consideradas como construções consolidadas e, portanto, é dado o direito ao proprietário de permanecer nestes espaços, decorrente do direito à propriedade concedido pela Constituição Federal de 1988 (MONTEIRO, 2012).

Frente a isto, muitas das áreas de interesse ambiental vão sendo ocupadas, e tornando-se áreas consolidadas, o poder público precisaria arcar com as custas para desapropriação e consequente realocação dos

proprietários, deste modo, por não dispor de meios financeiros e técnicos para tal procedimento, acaba por regularizar estas áreas.

6.4 Conclusão

Com relação a dinâmica do uso e cobertura da terra e os conflitos ambientais discutidos neste capítulo entre os anos de 1985 e 2015, pode-se inferir que ao longo deste período houve ocupações ambientalmente inadequadas nas áreas de preservação permanente, decorrentes de atividades antrópicas.

É possível destacar ainda que, mesmo o município de Pelotas possuindo uma ferramenta de planejamento e ordenamento territorial e que considera as Áreas de Preservação Ambiental como áreas de grande importância ambiental e social para o município, ao longo dos anos não vêm conseguindo proteger essas áreas. Este fato, pode ser explicado pela possível falta de incentivos econômicos e técnicos para uma efetiva fiscalização, bem como pela necessidade de reestruturação do III Plano Diretor do município.

Pode-se concluir também que ao longo destes 30 anos, as APPs de cursos d'água foram as que mais sofreram com as ocupações inadequadas, e que as atividades de agricultura e pastagem foram os usos que mais desrespeitaram a legislação ambiental. Pode-se justificar estes conflitos pela necessidade das atividades agropecuárias em fazer uso dos recursos hídricos.

Este capítulo mostra problemas ambientais com a preservação das áreas adjacentes aos mananciais, pois estas não vêm cumprindo a função protetora dos recursos naturais e conseqüentemente da qualidade de vida da população.

Portanto, os conflitos legais continuarão a existir no município de Pelotas, enquanto persistir o padrão de planejamento territorial e ambiental atual, assim como, enquanto perdurar o modelo de desenvolvimento que pressiona o meio ambiente em decorrência do crescimento econômico.

7 Considerações Finais

Após a finalização deste trabalho é possível aceitar a hipótese de que as mudanças ocorridas entre os anos de 1985 e 2015 no uso e cobertura da terra vem alterando as áreas de importância ambiental, necessitando de medidas mitigadoras para os efeitos antrópicos na área estudada.

Percebeu-se que as principais mudanças ocorridas foram com relação a agricultura e expansão urbana. Neste sentido, o estudo da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Pelotas entre os anos de 1985 e 2015 mostrou-se importante para a avaliação da degradação ambiental exercida sobre áreas de interesse ambiental, sendo, portanto, necessário repensar o ordenamento territorial do município, de modo que este seja o ponto de partida para um planejamento e gestão do território visando o desenvolvimento sustentável.

8 REFERÊNCIAS

ALBANO, M. P.. **A importância do planejamento urbano ambiental: habitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente**, SP. 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de PPG em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, 2013.

ALVES, K.C.C.F. et al. Avaliação temporal dos conflitos de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Formoso, Tocantins. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [s.l.], v. 35, n. 83, p.271-283, 30 set. 2015.

ÁVILA, R.; MACHADO, A. M.. Transição demográfica brasileira: desafios e oportunidades na educação, no mercado de trabalho e na produtividade. **Fundação de Economia e Estatística**, Porto Alegre, v. 133, n. 01, p.01-23, maio 2015. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/20150529transicao-demografica-brasileira_-desafios-e-oportunidades-na-educacao-no-mercado-de-trabalho-e-na-produtividade.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **CAMPO - TERRITÓRIO : REVISTA DE GEOGRAFIA AGRÁRIA**, 2006.

BELAL, A; MOGHANM, F.. Detecting urban growth using remote sensing and GIS techniques in Al Gharbiya governorate, Egypt. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, [s.l.], v. 14, n. 2, p.73-79, dez. 2011.

BIELENKI JÚNIOR, C.; BARBASSA, A. P.. **Geoprocessamento e recursos hídricos: Aplicações práticas**. São Carlos: Edufscar, 2004. 257 p.

BRASIL. Institui o novo Código Florestal.. **Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 20 jan. 2017.

_____. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília-DF, 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.html>. Acesso em 20 de abril de 2017.

_____. **Lei Nº 9.296, de 05 de outubro 1988.** Institui a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9296.htm>. Acesso em 20 de abril de 2017.

_____. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 10 mar. 2017.

_____. **Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em 20 de abril de 2017.

BURNS, M.D.M.. **Consequências da barragem eclusa do canal São Gonçalo para a ictiofauna do sistema patos - mirim.** 2010. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

CÂMARA, G. e DAVIS, C. Introdução. In: INTRODUÇÃO à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2003. p.1-5. Disponível em:<<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2017.

CARDOSO, F. B.; CENTENO, J. A. S.. Análise da dinâmica do uso e cobertura do solo em Blumenau (SC), utilizando ferramentas de geoprocessamento. **Caminhos de Geografia: Online**, Uberlândia, v. 16, n. 56, p.173-184, out. 2015.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e Processos de Imagens Digitais**. Curitiba: UFPR, 2009. 219 p.

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL DAS PROMOTORIAS DE JUSTIÇA DE HABITAÇÃO E URBANISMO - CAOP,. **Ordenamento Territorial e Planejamento Urbano**. 2017. Disponível em: <<http://www.urbanismo.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=33>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

CORADI, P.; FIA, R.; PEREIRA RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 46–56, 2009.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M.; AYACH, L. R. Geoprocessamento aplicado à análise da fragilidade ambiental. **Revista da ANPEGE**, n. 3, p. 89–105, 2013.

CUNHA, J. P. de S.; LUCENA, R. C. F.; SOUSA, C. A. F.. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [s.l.], v. 5, n. 30, p.42-50, 30 maio 2017.

DINIZ, C. C. Celso Furtado e o desenvolvimento regional. *Nova Economia*, v. 19, n. 2, p. 227–249, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em 20 de abril de 2017.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. D. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 175–181, 2005.

FELÍCIO, B. C.; FOSCHINI, R. C.; SALVADOR, N. N. B.. O Estatuto da Cidade e as Funções Social e Ambiental da Propriedade Urbana. **Revista Âmbito Jurídico**, Rio Grande, n. 82, nov. 2010.

FERNANDES, M. R. de M. et al. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.472-482, dez. 2015.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G.. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2011. 128 p.

FURTADO, C.. **O mito do desenvolvimento econômico**. 2. ed. Rio Branco: Paz e Terra S/a, 1974. 117 p.

GLIESSMAN, S. R.. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 656 p.

GOUVEIA, R. et al. Análise da fragilidade ambiental na bacia do rio Queima-Pé Tangará da Serra, MT. **Pesquisas em Geociências**, v. 42, n. 2, p. 131–140, 2015. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/igeo/pesquisas/4202/024202.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2015.

GUIMARÃES, A. P. **A crise agrária**. Rio de Janeiro, Ed. Paz e Terra, 1979. [Cap. I, pág. 25-59].

HASENACK, H.; WEBER, E. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3).

HASSAN, M.M.; NAZEM, M.N.I.. Examination of land use/land cover changes, urban growth dynamics, and environmental sustainability in Chittagong city, Bangladesh. **Environment, Development and Sustainability**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.697-716, 27 maio 2015.

HENTZ, A.M.K. et al. Técnicas orientadas ao objeto para levantamento da fragmentação florestal na sub-bacia Alto Iguaçu, Paraná. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 4, p.883-896, jan. 2015.

HUANG, C. et al. Investigating Changes in Land Use Cover and Associated Environmental Parameters in Taihu Lake in Recent Decades Using Remote Sensing and Geochemistry. **Plos One**, [s.l.], v. 10, n. 4, p.1-16, 21 abr. 2015.

IGNÁCIO, R. et al. Planejamento e ordenamento territorial do estado de Roraima: utopia ou realidade?. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, [s.l.], n. 8, p.137-152, 15 fev. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico de uso da terra. 3 ed. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 12/03/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**, 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=431440&idtema=90&search=rio-grande-do-sul|pelotas|censo-demografico-2010:-resultados-da-amostra-caracteristicas-da-populacao->>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Ministério da Educação (INEP). **Sinopse Estatística da Educação Superior** 2016. Disponível em: <<http://sitio.censosuperior.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em: 17 maio 2017.

JAYALAKSHMI, S., VELAPPAN, E. Assessment of water quality index in the St. Thomas Mount Block using GIS and remote sensing. *Pol. J. Environ. Stud.* 24, (4), 1611, 2015.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011. 672 p.

KIBRET, K. S.; MAROHN, C.; CADISCH, G.. Assessment of land use and land cover change in South Central Ethiopia during four decades based on integrated analysis of multi-temporal images and geospatial vector data. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, [s.l.], v. 3, p.1-19, maio 2016.

KOUCHER, A. B.. Migrações internas no Brasil: novo problema, novos cenários. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 35, n. 1, p.177-200, jun. 2014.

KRUSCHARDT, K.. **O PORTO DE PELOTAS ESTÁ DE CARA NOVA**. 2016. Disponível em: <<http://www.portosmercados.com.br/porto-de-pelotas-esta-de-cara-nova/>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

LANDIS, J.R.; KOCH, G. G.. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.159-174, mar. 1977.

LASANTA, T. et al. The Effect of Landscape Conservation Measures in Changing Landscape Patterns: A Case Study in Mediterranean Mountains. **Land Degradation & Development**, [s.l.], v. 27, n. 2, p.373-386, 1 mar. 2015.

LIU, Q. J. et al. Mapping of boreal vegetation of a temperate mountain in China by multitemporal Landsat TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, [s.l.], v. 23, n. 17, p.3385-3405, jan. 2002.

LUCAS, L. E. F. et al. Análise da ocupação inadequada das áreas de preservação permanente em um trecho urbano do rio Mossoró no município de Mossoró/RN. **Revista Geonorte**, [s.l.], v. 7, n. 26, p.14-34, maio 2016.

MARTINS, J.S.. **O cativoiro da terra**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2015. 284 p.

MATHER, P. M.; KOCH, M.. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction**. 4. ed. Si: Fourth Edition, 1999. 47 p.

MATOS, R; BAENINGER, R.. Migração e Urbanização no Brasil: Processos de Concentração e Desconcentração Espacial e o Debate Recente. **Cadernos do Leste**, Leste, p.342-383, jan. 2008.

MATOS, R.; LIMA FILHO, A. D.. RECURSO DEMOGRÁFICO, URBANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [s.l.], v. 12, p.35-46, 31 dez. 2006.

MEGIATO, E. I. **Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas, RS**, 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

MELO, I.D.F.; PACHÊCO, A.P. Aspectos da Correção Geométrica de Imagens Orbitais. Universidade Federal de Pernambuco. 2015. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/Fotogrametria%20e%20Sensoriamento%20Remoto/Artigos/f048.pdf>>. Acesso em 03 de jan. 2016.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB, 2012. 266 p.

MIDON, M.A.P.. **Dinâmica do uso do solo entre 1985 e 2011 e seus efeitos ambientais no distrito de Monte Bonito no município de Pelotas/RS**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2014.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **O Plano de Desenvolvimento da Educação: Razões, princípios e programas**. 2012. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/livro/livro.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO (MP). **Programa de Aceleração do Crescimento - PAC**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 12 maio 2017.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 4. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. 399 p.

MONTEIRO, T.C.. Construções em áreas de preservação permanente e o conflito entre direitos fundamentais. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.113-132, 1 dez. 2012.

MONTIBELLER FILHO, G.. Ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável: conceitos e princípios. **Texto de Economia**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p.131-142, jan. 1993.

NASCIMENTO, Vânia Maria Lima Carneiro; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de; SANTOS, Celso Augusto Guimarães. SIG na avaliação de áreas para ocupação urbana de João Pessoa, PB. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p.107-123, jan. 2009.

NASCIMENTO, I.S. et al. Avaliação da exatidão dos classificadores MaxVer e iso cluster do software Arcgis for desktop, com uso de imagem LANDSAT 8 do município de Cáceres/MT. **Revista Continentes**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 8, p.48-62, jan. 2016.

NASCIMENTO, T.V.; FERNANDES, L.L.. Mapeamento do uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 39, n. 1, p.170-178, 29 dez. 2016.

NOGUEIRA, A.C.R.M.. **Planejamento e Gestão territorial: Uma Análise Sobre as Estratégias de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do Município de Maricá/RJ**. 2015. 166 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, R. et al. Análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego São João-MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 15–24, 2012.

PARANHOS FILHO, A.C. et al. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 19, n.7, p.69-76, 2014

PARFITT, C.M.. Áreas de preservação do ambiente natural urbano, segregação e impacto nas paisagens e na biodiversidade: estudo de caso de Pelotas RS. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [s.l.], v. 37, p.07-36, 22 ago. 2016. Universidade Federal do Paraná.

PELOTAS (Município). **Lei Nº 5.502, de 11 de Setembro de 2008**. Institui o Plano Diretor Municipal e estabelece as diretrizes e proposições de ordenamento e desenvolvimento territorial no Município de Pelotas, e dá outras providências. Pelotas, RS, Disponível em: <http://www.pelotas.com.br/politica_urbana_ambiental/planejamento_urbano/III_plano_diretor/lei_iii_plano_diretor/arquivos/lei_5502.pdf>. Acesso em: 15 maio 2017.

PELOTAS, P. M. D. Secretaria Municipal de Qualidade Ambiental. **Plano Ambiental de Pelotas**, 2013. Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/qualidade-ambiental/plano-municipal/arquivos/Plano-Ambiental-de-Pelotas.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

PELUZIO, T.M.O. **Imagens aerofotogramétricas e orbitais na determinação do uso e ocupação da terra e de áreas de preservação permanente**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

PEREIRA JUNIOR, A.; SANTOS, A. M.. Análise multitemporal da supressão vegetal no município de Xinguará-Pará. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [s.l.], v. 4, n. 2, p.260-277, 14 dez. 2016.

PICHLER, Walter Arno et al. **PANORAMA SOCIOECONÔMICO E PERSPECTIVAS PARA A ECONOMIA GAÚCHA**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 2014. 402 p. Disponível em: <<http://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/20141223ebook-panorama.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

POLETO, C. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2014. 272 p.

RIBEIRO, H.; VARGAS, H.C.. Urbanização, globalização e saúde. **Revista USP**, [s.l.], n. 107, p.13-26, 17 dez. 2015. Universidade de São Paulo.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. **Institui O Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o Artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS, 30 dez. 1994. Disponível em: <<https://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id468.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

_____. (Estado). Lei nº 11.895, de 28 de março de 2003. **Declara Integrante do Patrimônio Cultural do Estado O Arroio Pelotas. Diário Oficial do Estado**. Porto Alegre, RS, 31 mar. 2003. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/Diario/Proposicoes/PROP1036.HTM>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

SANTOS, M.. **A urbanização brasileira**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2013. 176 p.

SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMA/RS. **Reserva Particular do Patrimônio Natural Federal**. 2017. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/reserva-particular-do-patrimonio-natural-federal>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE SANEAMENTO DE PELOTAS - SANEP. **Captação de água: Estação de Tratamento Sinnott**. 2017. Site oficial da Prefeitura Municipal de Pelotas. Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/captacao/>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

SHEN, P.; ZHANG, J.; SU, Z.. The Application of Remote Sensing in the Extraction of Urban land Use Changes. **Procedia Environmental Sciences**, [s.l.], v. 10, p.1589-1594, 2011.

SHUKLA, S.; KHIRE, M. V.; GEDAM, S. S.. Monitoring Land Use/Land Cover Changes in a River Basin due to Urbanization using Remote Sensing and GIS Approach. **The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, Hyderabad, v. -8, p.949-953, 28 nov. 2014.

SILVA, C. S. D. **Inundações em Pelotas/RS: o uso de geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental**. 2007. 196 f. Mestrado (Dissertação) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, G.F. et al. Degradação Ambiental na Microrregião do Carirí paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 6, n. 4, p.823-837, fev. 2013.

SILVA, D.A.N.; SILVA, M.L.; LEONARDI, F.A. Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano: proposta preliminar de expansão urbana no Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 8, n. 4, p.1191-1205, jun. 2015.

SILVA, F.P.; ROCHA, C.H.B; MARQUES NETO, R.. Conflitos De Uso Da Terra Nas Áreas De Preservação Permanente (Apps) Da Bacia Hidrográfica Do Ribeirão Ubá – MG. **Revista de Geografia**. Juiz de Fora, v. 2, n. 5, p.1-16, maio 2016.

SILVA, J. A. B. et al. A urbanização no mundo contemporâneo e os problemas ambientais. **Caderno de Graduação - Ciências Humanas e Sociais - UNIT**, 27. Oct. 2014.

SILVEIRA, T. et al. Qualidade da Água e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Superficiais na Definição das Fragilidades Potencial e Ambiental de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 643–652, 2014.

SIMON, A.; FELIPIM, T.; LOPES, A.L.O.. Bacia do Arroio Chasqueiro (RS): Alterações Morfo hidrográficas Vinculadas à Dinâmica de Cobertura e Uso da Terra. **Geography Department University of Sao Paulo**, [s.l.], n. , p.278-286, 27 jun. 2017.

SIVAKUMAR, V.. Urban Mapping and Growth Prediction using Remote Sensing and GIS Techniques, Pune, India. **ISPRS - International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [s.l.],

v. -8, p.967-970, 28 nov. 2014.

SKOG, K.L.; STEINNES, M.. How do centrality, population growth and urban sprawl impact farmland conversion in Norway? **Land Use Policy**, [s.l.], v. 59, p.185-196, dez. 2016.

SOPCHAKI, Carlos Henrique et al. Averiguação da NBR 13133 junto aos padrões de exatidão cartográfica para fins de levantamentos topográficos altimétricos: estudo de caso em área no município de Nova Prata do Iguaçu-PR. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasileira, v. 3, n. 68, p.471-480, jan. 2016.

SOUNDRANAYAGAM, J.P. et al. An analysis of land use pattern in the industrial development city using high resolution satellite imagery. **Journal of Geographical Sciences**, [s.l.], v. 21, n. 1, p.79-88, fev. 2011.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **Capitalismo e Urbanização**. 15. ed. São Paulo: Contexto, 2008.

TUCCI, C. E. .; BERTONI, J. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003. Disponível em: <<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012. 943 p.

UGEDA JÚNIOR, J.C.. Planejamento da paisagem e planejamento urbano: reflexões sobre a urbanização brasileira. **Revista Mato-grossense de Geografia**, Cuiabá, v. 17, n. 1, p.101-116, jan. 2014.

VIEIRA JÚNIOR, Roberto. **Desenvolvimentistas e Ambientalistas: a questão da silvicultura na região sul do Rio Grande do Sul sob a ótica da teoria do discurso**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Instituto de Sociologia e Política, Mestrado em Ciências Sociais, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

VITTE, C. C. S.; O planejamento territorial e a dimensão espacial do desenvolvimento: algumas das experiências recentes no Brasil, 06/2015, **Revista Política e Planejamento Regional** (Online), Vol. 1, pp.1-18, Rio de

Janeiro, RJ, Brasil, 2015

WRUBBLACK, S. C. **Caracterização do uso e ocupação do solo e qualidade da água com utilização das técnicas de geoprocessamento. 2012. 88 f.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel, 2012.

WU, Y. et al. Urban growth dilemmas and solutions in China: Looking forward to 2030. **Habitat International**, [s.l.], v. 56, p.42-51, ago. 2016.

XAVIER, S.C.. **O mapeamento geotécnico por meio de geoprocessamento como instrumento de auxílio ao planejamento do uso e ocupação do solo em cidades costeiras: estudo de caso para Pelotas (RS).** 2010. 261 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, 2010.

ZANATA, J.M. et al. Análise do uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente da microbacia Ribeirão Bonito, apoiada em técnicas de geoprocessamento. **Revista Geonorte: Edição Especial**, São Paulo, v. 2, n. 4, p.1262-1272, jan. 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 1985.

Exatidão Global = (4457/4521) 98,5844%							
Índice Kappa = 0,9828							
Classes	AA/AU	A/P	VA/MN	SE/A	MA	B-AL	Total pixels classificados
Não classificado	0	0	0	0	0	0	0
Área Antropizada/ Área Urbana	693	6	0	2	0	1	702
Agricultura/ Pastagem	17	731	0	0	0	1	749
Vegetação Arbórea/ Mata nativa	0	0	852	0	23	0	875
Solo Exposto/ Areia	0	9	4	838	0	1	852
Massa d`água	0	0	0	0	957	0	957
Banhados/Área Alagada	0	0	0	0	0	386	386
Total pixels reais	710	746	856	840	980	389	4.521

AA/AU: Área Antropizada/Área Urbana; A/P: Agricultura/Pastagem; VA/MN: Vegetação Arbórea/Mata nativa; SE/A: Solo Exposto/Areia; MA: Massa d`Água; B-AL: Banhado/Área Alagadas.

APÊNDICE B - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 1990.

Exatidão Global = (4422/4616) 90,7972%							
Índice Kappa =0,9493							
Classes	AA/ AU	A/P	VA/ MN	SE/A	MA	B-AL	Total pixels classificados
Não classificado	0	0	0	0	0	0	0
Área Antropizada/ Área Urbana	653	0	0	36	0	0	689
Agricultura/ Pastagem	0	954	2	0	0	0	956
Vegetação Arbórea/ Mata nativa	0	0	635	0	0	21	656
Solo Exposto/ Areia	28	0	0	663	0	3	694
Massa d'água	0	0	0	34	893	47	974
Banhados/Área Alagada	0	1	1	0	21	624	647
Total pixels reais	681	955	638	733	914	695	4.616

AA/AU: Área Antropizada/Área Urbana; A/P: Agricultura/Pastagem; VA/MN: Vegetação Arbórea/Mata nativa; SE/A: Solo Exposto/Areia; MA: Massa d'Água; B-AL: Banhado/Área Alagadas.

APÊNDICE C - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 1995.

Exatidão Global = (4320/4569) 94,5502%							
Índice Kappa = 0,9341							
Classes	AA/AU	A/P	VA/MN	SE/A	MA	B-AL	Total pixels classificados
Não classificado	0	0	0	0	0	0	0
Área Antropizada/ Área Urbana	551	0	0	52	0	0	603
Agricultura/ Pastagem	3	775	4	36	0	1	819
Vegetação Arbórea/ Mata nativa	0	1	663	0	0	40	704
Solo Exposto/ Areia	16	45	0	976	1	0	1.038
Massa d`água	0	0	0	0	755	23	778
Banhados/Área Alagada	0	0	1	0	26	600	627
Total pixels reais	570	821	668	1064	782	664	4.569

AA/AU: Área Antropizada/Área Urbana; A/P: Agricultura/Pastagem; VA/MN: Vegetação Arbórea/Mata nativa; SE/A: Solo Exposto/Areia; MA: Massa d`Água; B-AL: Banhado/Área Alagadas.

APÊNDICE D - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2000.

Exatidão Global = (3915/3936) 99,4665%							
Índice Kappa = 0,9935							
Classes	AA/AU	A/P	VA/MN	SE/A	MA	B-AL	Total pixels classificados
Não classificado	0	0	0	0	0	0	0
Área Antropizada/ Área Urbana	459	1	0	1	0	0	461
Agricultura/ Pastagem	1	708	0	0	0	2	711
Vegetação Arbórea/ Mata nativa	0	0	679	12	0	0	691
Solo Exposto/ Areia	1	0	3	712	0	0	716
Massa d`água	0	0	0	0	918	0	918
Banhados/Área Alagada	0	0	0	0	0	439	439
Total pixels reais	461	709	682	725	918	441	3.936

AA/AU: Área Antropizada/Área Urbana; A/P: Agricultura/Pastagem; VA/MN: Vegetação Arbórea/Mata nativa; SE/A: Solo Exposto/Areia; MA: Massa d Água; B-AL: Banhado/Área Alagadas.

APÊNDICE E - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2005.

Exatidão Global = (3458/3552) 97,3536%							
Índice Kappa = 0,9679							
Classes	AA/AU	A/P	VA/MN	SE/A	MA	B-AL	Total pixels classificados
Não classificado	0	0	0	0	0	0	0
Área Antropizada/ Área Urbana	287	0	0	38	0	0	352
Agricultura/ Pastagem	0	564	16	0	0	0	580
Vegetação Arbórea/ Mata nativa	0	0	657	5	0	0	662
Solo Exposto/ Areia	19	0	1	624	0	0	643
Massa d`água	0	0	0	0	687	3	690
Banhados/Área Alagada	0	0	0	0	13	639	652
Total pixels reais	306	564	673	667	700	642	3.552

AA/AU: Área Antropizada/Área Urbana; A/P: Agricultura/Pastagem; VA/MN: Vegetação Arbórea/Mata nativa; SE/A: Solo Exposto/Areia; MA: Massa d Água; B-AL: Banhado/Área Alagadas.

APÊNDICE F - Matriz de confusão obtida pelo método MaxVer para o município de Pelotas no ano de 2015.

Exatidão Global = (7436/8401) 88,5133%							
Índice Kappa = 0,8581							
Classes	AA/AU	A/P	VA/MN	SE/A	MA	B-AL	Total pixels classificados
Não classificado	0	0	0	0	0	0	0
Área Antropizada/ Área Urbana	2.419	0	1	2	1	27	2.450
Agricultura/ Pastagem	6	1.467	2	0	0	0	1.475
Vegetação Arbórea/ Mata nativa	0	0	1.017	0	0	11	1.028
Solo Exposto/ Areia	0	0	0	1.358	0	0	1.358
Massa d`água	0	0	0	884	510	0	1.394
Banhados/Área Alagada	6	0	24	1	0	665	696
Total pixels reais	2.431	1.467	1.044	2.245	511	703	8.401

AA/AU: Área Antropizada/Área Urbana; A/P: Agricultura/Pastagem; VA/MN: Vegetação Arbórea/Mata nativa; SE/A: Solo Exposto/Areia; MA: Massa d Água; B-AL: Banhado/Área Alagadas.