



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

MARCELO MURILO WIRTH MENEZES

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO ARROIO SÃO LOURENÇO, RS**

PORTO ALEGRE, 2016

MARCELO MURILO WIRTH MENEZES

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
SÃO LOURENÇO, RS**

Trabalho de conclusão apresentado para a banca examinadora do curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientação: Prof^a Dra. Flávia Farina

PORTO ALEGRE, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**Reitor:** Rui Vicente Oppermann**Vice-Reitora:** Jane Fraga Tutikian**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS****Diretor:** André Sampaio Mexias**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber**Menezes, Marcelo Murilo Wirth**

Mapeamento e análise da qualidade ambiental das áreas de preservação permanente da microbacia hidrográfica do Arroio São Lourenço, RS. / Marcelo Murilo Wirth Menezes. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.
[61 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

Orientador(es): Flávia Cristiane Farina

1. SIG, Sensoriamento Remoto 2. Áreas de Preservação Permanente 3. Mapeamento 4. Qualidade Ambiental I. Título.

CDU 911

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Sônia Teresinha Duarte de Oliveira CRB 10/2310

MARCELO MURILO WIRTH MENEZES

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
SÃO LOURENÇO, RS**

Trabalho de conclusão como exigência
parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia pela
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Nelson Luiz Sambaqui Gruber
Departamento de Geografia - UFRGS

Prof. Cláudio Wilson Mendes Júnior
Departamento de Geodésia - UFRGS

À minha esposa e minha filha, Valesca e Aurora, grandes motivadoras para todas as minhas realizações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram de forma direta ou indireta para que este trabalho pudesse ser concluído.

À minha família, em especial, minha esposa Valesca e minha filha Aurora as quais dispensaram muita paciência e motivação.

À minha professora orientadora, Flávia Farina, por toda amizade, dedicação e conhecimento a mim repassados.

Aos meus colegas de trabalho, da CEEE, em especial, Edgar, Marcelo e Cibele que tantas vezes ajustaram minha escala de trabalho para que eu pudesse estar presente nas aulas e nos projetos nos quais me envolvi dentro da Universidade.

Ao Geógrafo Kledson Grabski pela presteza em auxiliar na utilização de algumas ferramentas adotadas neste trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de realizar um curso ministrado com tanta excelência.

Aos demais colegas e professores, especialmente aos do Laboratório de Modelagem Ricardo Ayup Zouain que sempre foram receptivos e solícitos.

Ao professor Ricardo Ayup Zouain *in memoriam*.

Por fim, e com grande relevância, quero agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, visto que meu trabalho está inserido no projeto financiado pelo referido órgão.

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) se constituem em áreas protegidas, cobertas 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. Historicamente, essas áreas foram degradadas pelas atividades antrópicas, estabelecendo-se uma situação de conflito entre as aptidões do ambiente e os usos do solo estabelecidos. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo geral mapear e analisar a qualidade ambiental das Áreas de Preservação Permanente localizadas na microbacia do Arroio São Lourenço, de acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012). A metodologia empregada envolve a espacialização em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) das variáveis pertinentes ao estudo. A representação cartográfica e a modelagem dos critérios de mapeamento foram realizadas no SIG ArcGIS 10.3, onde cada tema compõe um plano de informação (PI) numérico ou temático. Assim, o banco de dados é composto por PIs primários e derivados tais como imagens do satélite RapidEye, cartas temáticas de hidrografia, curvas de nível, área urbana, rede viária, cobertura e uso da terra, APPs, entre outros. A partir destes dados, foram elaborados vários PIs com o intuito de formar um produto final capaz de demonstrar o confronto entre os usos do solo nas APPs com o estabelecido pelo Código Florestal. Como resultado, foram gerados dois produtos finais: um mapa das APPs e um mapa da qualidade ambiental das APPs, representada pela identificação de situações de conflito dentro dos seus limites. A análise dessas representações cartográficas demonstra que da área total estudada (190,51 Km²), aproximadamente 21% são de APPs, cerca de 42% destas áreas se mantêm preservadas e os outros 58% apresentam algum tipo de situação conflitiva entre o tipo de uso e o que rege o Código Florestal. É possível concluir que a metodologia empregada, baseada no uso das técnicas de sensoriamento remoto e SIG, atendeu as necessidades de estudos dessa natureza.

Palavras-chave: SIG, Sensoriamento Remoto, Áreas de Preservação Permanente (APP), Mapeamento, Qualidade Ambiental.

ABSTRACT

Permanent Preservation Areas (PPAs) are protected areas, covered or not by native vegetation, with the environmental function of preserving water resources, landscape, geological stability and biodiversity, facilitating the gene flow of fauna and flora, protect the soil and ensure the well-being of human populations. Historically, these areas have been degraded by anthropic activities, establishing a situation of conflict between the environmental aptitudes and established land uses. In this sense, this work has as general objective to map and analyze the environmental quality of the Permanent Preservation Areas located in the São Lourenço Arroyo basin, according to the Brazilian Forest Code (Law 12.651 / 2012). The methodology used involves spatialization in the GIS environment of the variables pertinent to the study. The cartographic representation and modeling of the mapping criteria were performed in the ArcGIS 10.3 GIS, where each theme composes a numerical or thematic information plan (IP). Thus, the database is composed of primary and derived IPs such as RapidEye satellite images, hydrography thematic charts, contours, urban area, road network, land cover and use, PPAs, among others. From these data, several IPs were elaborated with the intention of forming an end product capable of demonstrating the confrontation between the land uses in the PPAs with the established by the Forest Code. As a result, two final products were generated: a map of the PPAs and a map of the environmental quality of the PPAs, represented by the identification of conflict situations within their limits. The analysis of these cartographic representations shows that of the total area studied (190.51 Km²), approximately 21% are of PPAs, about 42% of these areas are preserved and the other 58% present some type of conflicting situation between the type of use and what governs the Forest Code. It is possible to conclude that the methodology used, based on the use of the techniques of remote sensing and GIS, met the needs of studies of this nature.

Keywords: GIS, Remote Sensing, Permanent Preservation Areas (APP), Mapping, Environmental Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Faixas marginais de cursos d'água.....	15
Figura 2 - Áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais.....	16
Figura 3 - Áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes.....	16
Figura 4 - Encostas ou partes destas com declividade superior a 45°.....	17
Figura 5 - Restingas.....	17
Figura 6 - Manguezais.....	18
Figura 7 - As bordas dos tabuleiros ou chapadas.....	18
Figura 8 – No topo de morros, montes, montanhas e serras.....	19
Figura 9 - As áreas em altitude superior a 1.800 metros.....	19
Figura 10 – Em veredas.....	20
Figura 11 – Mapa de localização delimitação a área de estudo.....	28
Figura 12 - Carta imagem da área de estudo.....	33
Figura 13 - Mapa de hidrografia da Microbacia do Arroio São Lourenço.....	35
Figura 14. Cobertura e uso da terra da Microbacia do Arroio São Lourenço.....	36
Figura 15. Pontos cotados e curvas de nível da Microbacia do Arroio S. Lourenço.	42
Figura 16. Modelo Digital de Elevação da Microbacia do Arroio S. Lourenço.....	43
Figura 17: APPs de hidrografia da Microbacia do Arroio São Lourenço.....	46
Figura 18. Usos do solo nos limites das APPs Microbacia do Arroio S. Lourenço...	48
Figura 19. Mapa conflito / não conflito.....	49
Figura 20: Detalhe da APP do Arroio São Lourenço.....	51
Figura 21: Usos urbanos às margens do Arroio São Lourenço.....	52
Figura 22: Cultivo de arroz às margens do Arroio São Lourenço.....	53
Figura 23: Detalhe das APPs de curso de água e de nascentes no meio rural.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área ocupada pelas classes de cobertura e uso da terra e percentual com relação a área de estudo.....	39
Tabela 2 – Áreas por classes de recursos hídricos e percentuais nas APP.....	45
Tabela 3 – Área e percentual das classes de cobertura e uso da terra nas APP.....	50
Tabela 4 – Área e percentual de usos do solo conflitivos nas APPs.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	16
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO E SIG APLICADOS AO ESTUDO DE APPS	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.2.1 LEVANTAMENTO DOS ANTECEDENTES	32
3.2.2 COLETA E SELEÇÃO DE DADOS	33
3.2.3 ENTRADA DOS DADOS E MODELAGEM EM AMBIENTE SIG	33
3.2.4 MAPEAMENTO DAS APPS	42
3.2.5 COBERTURA E USO DA TERRA EM APPS	46
4. RESULTADOS	47
4.1 ANÁLISE DO MAPEAMENTO DAS APPS	47
4.2 ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS APPS	49
5. CONCLUSÕES	57

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade envolve o desenvolvimento econômico, social e o respeito às limitações dos recursos naturais para a manutenção de uma situação de equilíbrio ambiental. De acordo com o relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela ONU em 1983, o desenvolvimento sustentável visa "ao atendimento das necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às próprias necessidades" (Ministério da Agricultura, 2016). Historicamente esta premissa tem sido subjugada e os recursos naturais utilizados de forma bastante incisiva, indiscriminada e contundente, sem qualquer preocupação com o futuro. Tal situação trouxe à tona discussões sobre os profundos impactos nos ecossistemas ocasionados pelo modelo de urbanização, de industrialização e de exploração dos recursos naturais, intensificada pelos avanços tecnológicos.

Como resultado dessas discussões, organizações sociais e governamentais produziram análises, normativas e instrumentos versando sobre a necessidade de reavaliar as condições de uso para que tais recursos não se esgotem e comprometam a qualidade da vida humana e do ambiente como um todo.

Mais especificamente, no Brasil foram criados órgãos ambientais nos níveis federal, estadual e municipal, bem como instrumentos normativos que abordam a preservação de ambientes específicos. Entre eles, podemos citar a Lei 12.651/2012 - Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012) onde são caracterizadas áreas que devem ser preservadas de forma permanente. Segundo este documento, Área de Preservação Permanente – APP - é uma *"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"*.

Apesar da legislação específica e dos amplos debates acerca da relevância das APPs, o descaso do poder público, os interesses econômicos, o planejamento ineficaz ou mesmo a falta de acesso à moradia por parte da população resultam em situações de conflito entre a aptidão do ambiente e os usos do solo estabelecidos. Os recorrentes desastres como deslizamentos e inundações têm sido atribuídos a ocupação inadequada de APPs, principalmente no que tange à urbanização e à alta

impermeabilização do solo em zonas de declividade acentuada e em margens de rios. Assim, além dos prejuízos ambientais como a poluição dos recursos hídricos, a perda da biodiversidade e a instabilidade do solo, somam-se os prejuízos sociais e econômicos representados pela perda de vidas, pessoas desalojadas ou desabrigadas, interrupção de serviços públicos e de infraestrutura, perdas na agricultura, isolamento de comunidades e geração de ônus ao poder público.

Por outro lado, o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são técnicas que apresentam um amplo instrumental para a identificação e mapeamento das APPs, de forma eficaz e relativamente rápida, permitindo ainda o seu monitoramento contínuo e a consequente identificação de conflitos de usos do solo. A diversidade de produtos de Sensoriamento Remoto em termos de resolução espacial e temporal, permite o mapeamento em diversas escalas de análise e a atualização constante dos dados. As funcionalidades de um SIG possibilitam a modelagem de todas as categorias de APPs, tornando o processo de mapeamento mais ágil e os resultados mais precisos. Apesar destas técnicas serem amplamente empregadas e dos seus benefícios, há um déficit em termos de mapeamento das APPs no território brasileiro devido, em parte, à sua dimensão e, em grande medida, devido à falta de recursos financeiros e pessoal capacitado à esta finalidade.

1.1 Objetivos

Em razão do exposto, este trabalho tem por objetivo identificar e mapear as APPs localizadas na microbacia do Arroio São Lourenço (RS) analisar a ocorrência de situação de conflitos de uso do solo dentro dos seus limites.

Os objetivos específicos foram assim definidos:

- Elaborar um mapa das condições de cobertura e uso do solo na área da microbacia do Arroio São Lourenço.
- Mapear as APPs localizadas na área de estudo de acordo com a legislação vigente.
- Analisar as condições de cobertura e uso de solo nas APPs, de modo a identificar situações de conflito.
- Analisar a qualidade ambiental das APPs.

- Contribuir para a manutenção da qualidade ambiental das APPs na microbacia do Arroio São Lourenço.

1.2 Justificativa

O conhecimento e o mapeamento das APPs são tarefas relevantes no sentido de contribuir para as ações locais do poder público, provendo informações precisas, de fácil entendimento e passíveis de serem utilizadas na gestão de um município ou região. Além do Código Florestal, outros instrumentos regem o estabelecimento de usos do solo e a proteção dos ecossistemas, como os Planos Diretores, as Resoluções do CONAMA ou mesmo a Lei do Parcelamento do Solo Urbano (Lei nº 6766/19-12-79). Em todas elas são definidas áreas que devem ser preservadas de forma permanente ou, ainda, possuir regimes de uso de menor impacto ao ambiente.

No entanto, raras são as Prefeituras Municipais que dispõem de mapeamentos das APPs e, geralmente, esta informação é produzida parcialmente quando há necessidade de licenciamento ambiental de algum empreendimento. Além disso, a prévia identificação de situações de conflitos de uso nessas áreas pode subsidiar a tomada de decisões quanto ao planejamento territorial, evitando efeitos negativos na qualidade do ambiente ou mesmo a ocorrência de desastres.

A importância da manutenção da qualidade das APPs não se resume à sua preservação, mas também é benéfica à sociedade, pois a sua função não está baseada apenas na conservação da biodiversidade. O seu valor é muito mais abrangente, consistindo na proteção de espaços de alta relevância para a conservação da qualidade socioambiental. Trata-se de uma relação transitiva: a preservação da vegetação nativa e das matas ciliares contribui para a estabilidade geológica, a proteção do solo e a qualidade dos recursos hídricos. Por outro lado, a conservação dos recursos hídricos mantém a possibilidade de garantir o elemento água que é imprescindível à vida e ao bem-estar humano.

Neste sentido, especial atenção deve ser dada às APPs localizadas em áreas com declividade superior a 45°, nas margens de cursos de água e de nascentes. A retirada da vegetação nativa nestes locais para ocupação urbana ou para usos rurais traz consequências desastrosas para a própria sociedade. Na medida em que

a vegetação ripária, protetora, vai sendo removida, as nascentes sofrem com a poluição e os rios tendem a ficar menos profundos devido ao assoreamento dos leitos e solapamento das margens. Inserida no ciclo hidrológico, a vegetação atua sob várias formas de proteção. Quando há a precipitação, o vegetal de maior porte, por meio do processo de interceptação, faz com que o impacto das gotas de chuva seja menor ao tocar o solo. Em uma colina ou morro, por exemplo, a vegetação diminui a velocidade do escoamento superficial e facilita a infiltração e percolação, possibilitando o escoamento subterrâneo, importante para o abastecimento de mananciais freáticos, os quais vão posteriormente abastecer rios até que cheguem aos oceanos.

A retirada desta vegetação protetora aumenta a probabilidade da ocorrência de problemas sociais e até mesmo de desastres. Nas áreas rurais pode haver perda na produção das lavouras e também prejuízo na criação de animais. Em áreas urbanas esta problemática é mais evidente, com consequências também desastrosas e de grande impacto social.

A substituição da vegetação nativa por materiais impermeáveis, como o asfalto e o concreto, prejudica a infiltração no solo da água da chuva, aumentando a velocidade de vazão e provocando alagamentos. Dessa forma, além dos acidentes que podem causar lesões corporais, afogamentos ou choques elétricos, também podem surgir epidemias de doenças provocadas pela ausência de condições sanitárias inadequadas. Outro problema comum é o provindo da retirada da vegetação e substituição desta por moradias nas encostas dos morros. As raízes dos vegetais atuam como uma malha trançada sob a superfície. Sem a presença da vegetação, a chuva encharca o solo tornando-o mais pesado e instável, podendo provocar desabamentos em movimentos de massa.

Neste contexto, a identificação e a avaliação da qualidade ambiental das APPs podem favorecer a gestão do uso do solo de uma região, evitando-se a degradação dos ecossistemas e a ocorrência de eventos adversos com prejuízos sociais e econômicos.

Este tipo de estudo é fundamentado na produção e análise de um amplo conjunto de informações espaciais que representam os aspectos físicos e sociais de uma dada região. Os procedimentos de mapeamento, modelagem e representação cartográfica envolvidos nesse processo têm subsídios nas técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG. Os dados oriundos de Sensoriamento Remoto e a

alta capacidade de processamento, análise e modelagem dos SIGs tornam possível a identificação das áreas de preservação definidas pelo Código Florestal, bem como a verificação de irregularidades quanto aos usos do solo e favorecem a tomada de decisões quanto a proposição de recuperação para aquelas que se encontram degradadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização das Áreas de Preservação Permanente

Além do Código Florestal, outros instrumentos regem o estabelecimento de usos do solo e a proteção dos ecossistemas porém neste trabalho é utilizado como base de informações legais o Código Florestal Brasileiro (CFB), Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 que estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

As seguintes legislações em nível municipal e federal também regem sobre o tema:

- Plano Diretor do município de São Lourenço do Sul, Lei municipal 2839 de 03 de outubro de 2006 (institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Município de São Lourenço do Sul, cria o Sistema Municipal de Planejamento e Monitoramento e o Fórum Permanente da Agenda 21 Local e estabelece a aplicação do Estatuto da Cidade);
- Resoluções 302 e 303 do CONAMA, ambas de 20 de março de 2002, dispõem sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno e sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, respectivamente e;
- Lei do Parcelamento do Solo Urbano, Lei nº 6766 de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

Apesar destas leis versarem sobre a preservação de áreas específicas, as restrições apresentam-se bastante semelhantes ou menos rígidas com relação ao Código Florestal, que também veio a substituir as Resoluções do CONAMA.

De acordo com o CFB, Área de Preservação Permanente se configura como uma "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“. Estas áreas estão assim definidas em seu art. 4º:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de (Figura 1):

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

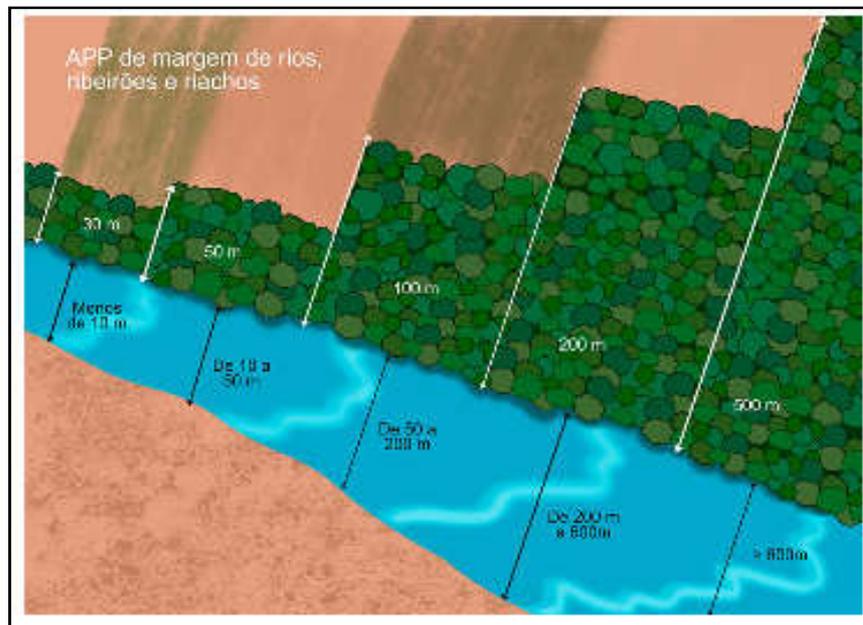


Figura 1 – Faixas marginais de cursos d'água.

Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de (Figura 2):

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

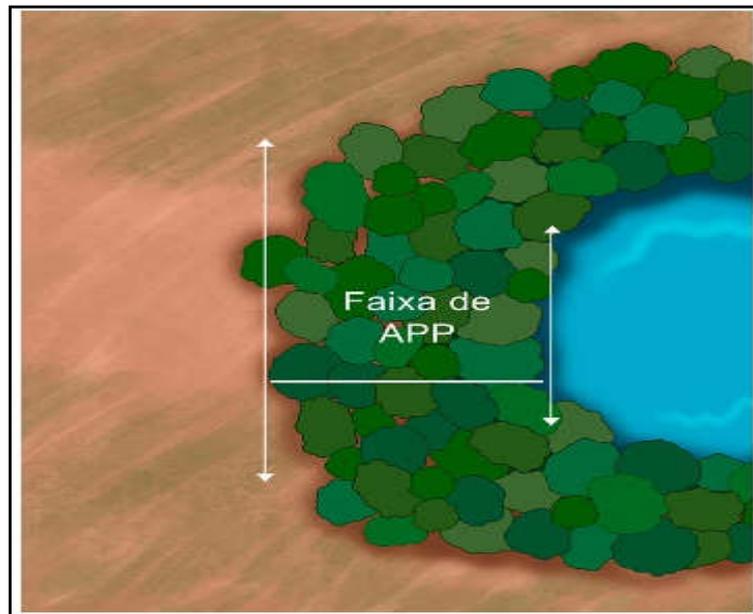


Figura 2 - Áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (Figura 3);

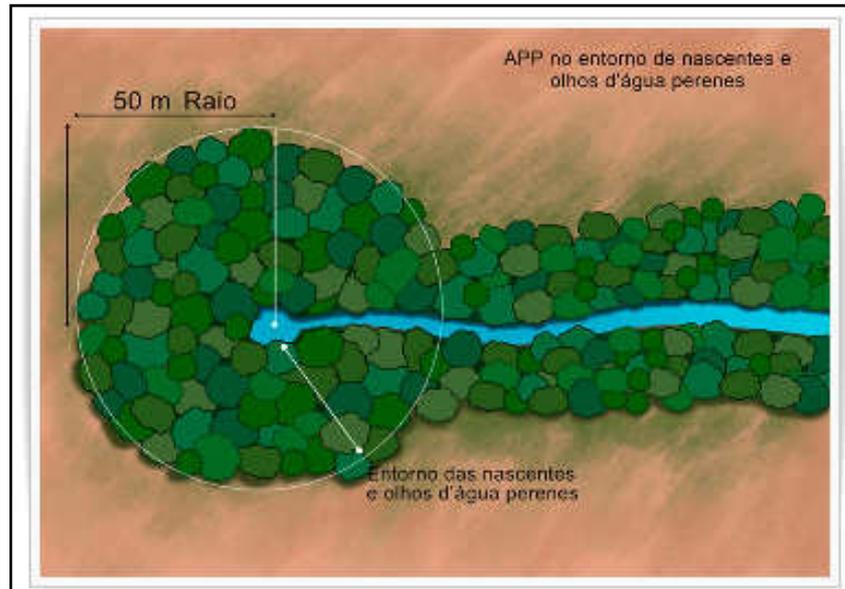


Figura 3 - Áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes.
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° , equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive (Figura 4);

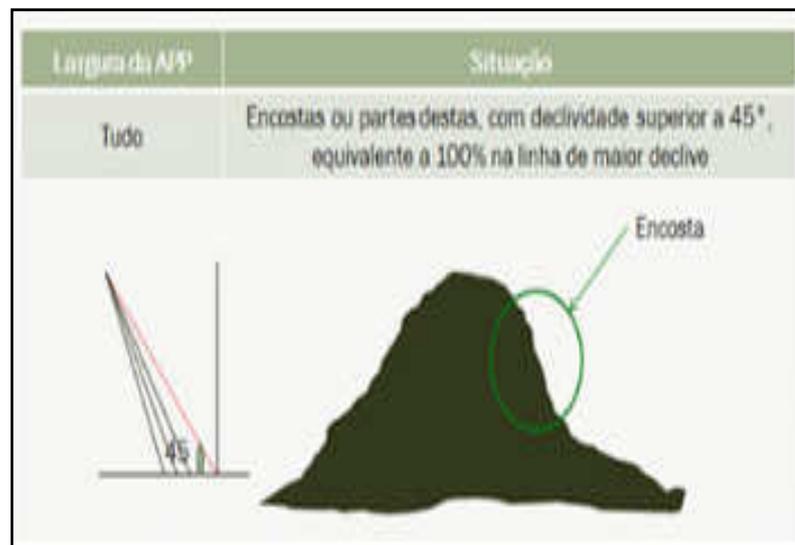


Figura 4 - Encostas ou partes destas com declividade superior a 45° .
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

VI - restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues (Figura 5);



Figura 5 - Restingas.

Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

VII - os manguezais, em toda a sua extensão (Figura 6);



Figura 6 - Manguezais.

Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais (Figura 7);



Figura 7 - As bordas dos tabuleiros ou chapadas.
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (Figura 8);

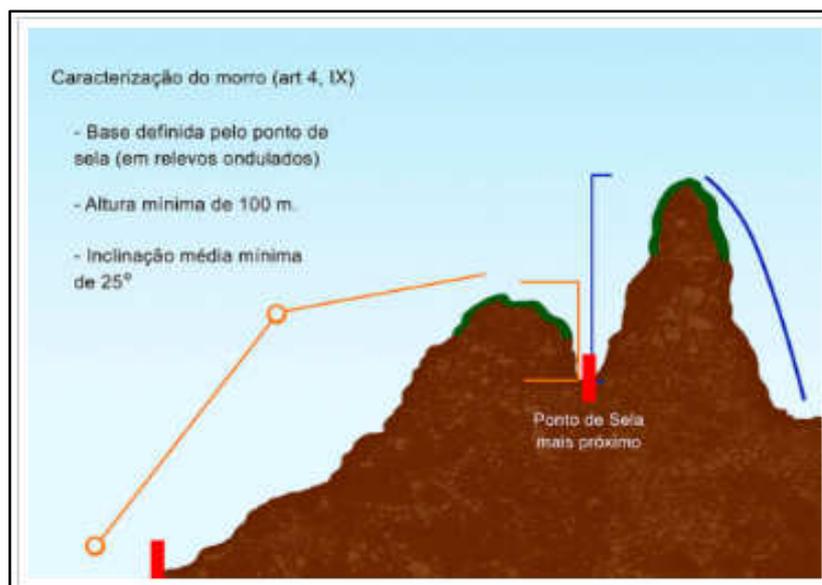


Figura 8 – No topo de morros, montes, montanhas e serras.
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação (Figura 9);

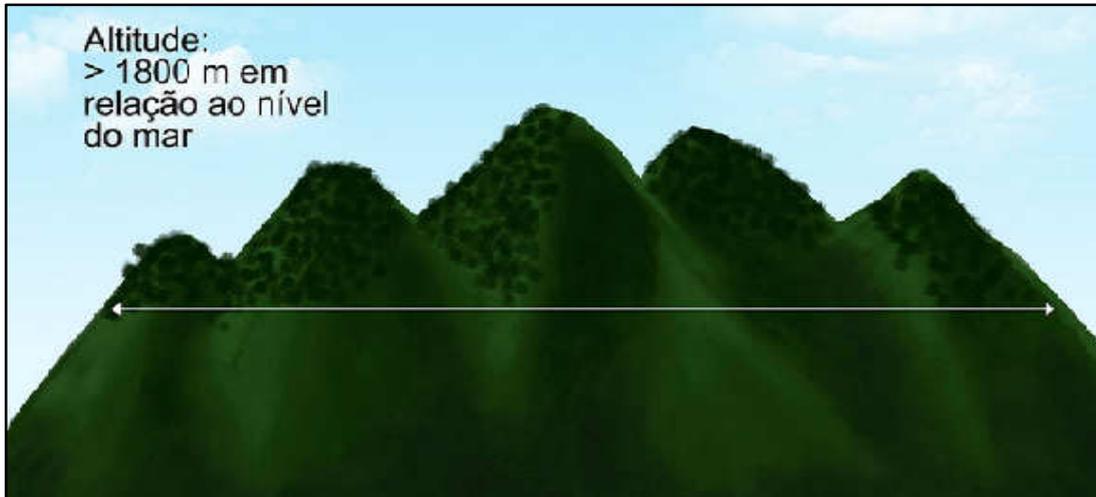


Figura 9 - As áreas em altitude superior a 1.800 metros.
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (Figura 10).

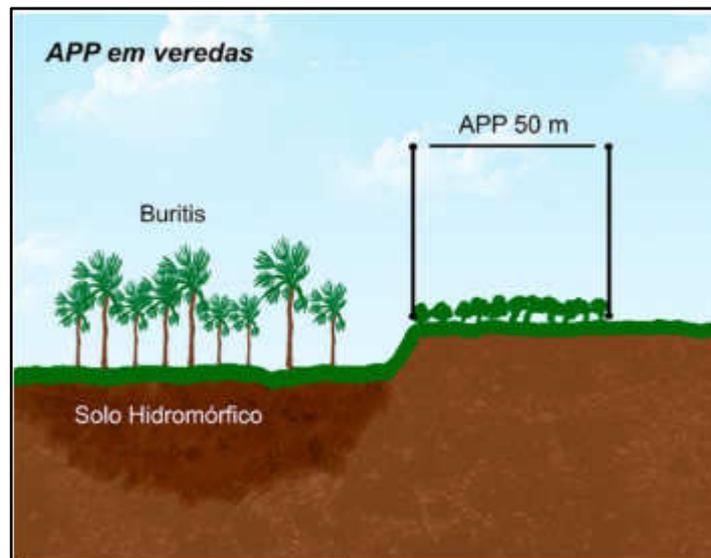


Figura 10 – Em veredas.
Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro

Conforme artigo 6º da mesma lei, consideram-se ainda Áreas de Preservação Permanente quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder

Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

- I. conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;
- II. proteger as restingas ou veredas;
- III. proteger várzeas;
- IV. abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;
- V. proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;
- VI. formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- VII. assegurar condições de bem-estar público;
- VIII. auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.
- IX. proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

Vista a caracterização das Áreas de Preservação Permanente é imperioso que se deixe claro que a não conservação ou desrespeito às mesmas pode acarretar em prejuízos ambientais, econômicos e sociais.

Para ilustrar a sua importância pode-se citar, dentre tantos outros, dois casos em que a má gestão político-sócio-ambiental resultou em grandes tragédias no Brasil.

O primeiro caso se refere ao ocorrido em 12 de janeiro de 2011, quando uma enxurrada causou deslizamentos de terra na região serrana do Rio de Janeiro, deixando um rastro de destruição e 902 mortos. Em Nova Friburgo houve 426 mortos e em Teresópolis - a segunda mais castigada - 379 vítimas. O distrito de Itaipava, no município de Petrópolis teve 71 mortos; Sumidouro (maior produtor de verduras e legumes do Rio de Janeiro) 21; São José do Vale do Rio Preto, 4; e Bom Jardim, 1 morto. Estes números apontam as consequências da forma de ocupação adotada na grande maioria dos municípios brasileiros.

Em uma análise ampla, tal situação foi causada por um fenômeno que combina fortes chuvas com condições geológicas específicas da região. Porém, ela foi agravada pela ocupação irregular e pela falta de infraestrutura adequada para enfrentar o problema, que tem se repetido com frequência no país. A água da chuva foi responsável por dois fenômenos distintos. Primeiro, o excesso de chuvas nas

nascentes dos rios, no alto dos morros da região causou um grande volume de água e enchentes nas regiões mais baixas. O sistema de drenagem dos municípios era obsoleto e não conseguiu escoar as águas de forma adequada. Aliado a este fator, ocorreram os deslizamentos. O solo das encostas é constituído por uma camada fina de terra e vegetação sobre a rocha. À medida que ficou encharcado, descolou-se do substrato, promovendo um escorregamento com grande velocidade de descida. A alta inclinação dos morros fez com que o deslizamento atingisse até 150 quilômetros por hora, aumentando a potência de destruição. Boa parte das mortes, contudo, poderia ter sido evitada com políticas públicas adequadas. Durante décadas, os governos foram omissos – quando não, estimularam – os loteamentos em áreas de risco ou em APPs.

O segundo caso diz respeito a uma inundação ocorrida em março de março de 2011, no município de São Lourenço do Sul, no Rio Grande do Sul (SAUSEN et al, 2012). À época, cerca de 20 mil pessoas (quase 50% da população do município), segundo avaliação da Brigada Militar (BM), tiveram de deixar suas casas na madrugada e um homem faleceu, em função da forte chuva e da enxurrada que atingiram a cidade.

O arroio São Lourenço, que corta o município, transbordou por volta das 4h e alagou a área central da cidade, que fica às margens da Lagoa dos Patos e a 200 quilômetros de Porto Alegre. Segundo medições extraoficiais realizadas por agricultores da região, a chuva atingiu cerca de 300 milímetros em aproximadamente doze horas. O volume seria o dobro que o previsto para o mês inteiro na cidade. A cidade ficou isolada, sem acesso pelas estradas e com as pontes bloqueadas. Tal situação, em parte, poderia ter ocasionado menores impactos se houvesse o controle da ocupação urbana nas margens do Arroio São Lourenço, onde se localiza o sítio urbano principal do município.

Nos dois exemplos mencionados as razões para os acontecimentos são semelhantes: a falta preservação do meio e a gestão pública ineficaz, atreladas ao crescimento desordenado das comunidades e (auto) instalações destas em áreas de declividades acentuadas ou, ainda, nas áreas que seriam destinadas à inundação natural dos recursos hídricos.

O tema de preservação ao meio ambiente no Brasil remonta a 1965, quando foi promulgado o primeiro Código Florestal (Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965). Esta lei foi promulgada com objetivo de servir como diretriz às ações a serem

tomadas para alcançar a manutenção do meio natural, sendo revogada pelo atual Código Floresta, de 2012. Esta última, é definida, de modo geral, em seu artigo 1º:

“Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.”

Ou seja, esta normativa visa preservar os recursos naturais tão preciosos à saúde, economia e sustentabilidade para a população humana e, havendo uma legislação construída para tal, se faz necessário que a mesma deva ser respeitada.

Diversos autores, desde então, referem a importância em se considerar a variável ambiental e, por consequência, a legislação pertinente na construção dos planos e políticas públicas. Neste sentido, Ribeiro (2000) aponta para a necessidade de incorporar soluções ecológicas no planejamento urbano como um instrumento capaz de produzir cidades que levem à melhor qualidade de vida. Por meio do Plano Diretor e da legislação urbanística ecologizados é possível estruturar as cidades para que conservem energia e recursos naturais, e para que sejam integradas ao seu contexto natural.

No caso do município onde se localiza o Arroio São Lourenço, a aplicação do Código Florestal no parcelamento urbano é incorporado pela Lei N.º 3.236, de 27 de dezembro de 2010, que *“Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no Município de São Lourenço do Sul e dá outras providências.”* – definindo, entre outros, as faixas de preservação permanente nos reservatórios de água, nas nascentes e nos topos de morros.

Miller (2007) argumenta que a aplicação de algumas estratégias, por ele denominadas de “revolução azul”, podem incentivar a sustentabilidade e a preservação dos recursos hídricos que servem como fontes para alimentação do sistema hidrológico, indispensável à condição da vida humana e do planeta. Consequentemente, a preservação de tais recursos engloba também a manutenção dos seus entornos nos meios urbano e rural. O autor aponta para uma combinação de estratégias a serem implementadas. Uma delas envolve usar tecnologia para irrigar as plantações de forma mais eficiente e economizar água em indústrias e

residências. Uma segunda abordagem usa diretrizes políticas e econômicas para retirar subsídios que barateiam o uso da água e levam ao desperdício, ao mesmo tempo em que garantem preços baixos para consumidores de baixa renda e acrescentam subsídios que recompensam a redução no desperdício de água.

Um terceiro componente é alternar para novos sistemas de tratamento de resíduos que aceitem apenas resíduos não tóxicos, usem pouca água para tratar os resíduos, devolvam ao solo os nutrientes dos resíduos vegetais e animais, e imitem as formas que a natureza decompõe e recicla os resíduos orgânicos. Uma quarta estratégia é deixar água em quantidade suficiente nos rios para proteger os animais selvagens, processos ecológicos e os serviços ecológicos naturais fornecidos pelos rios. (Miller, 2007)

Por outro lado, de acordo com Ribeiro (2000), no que se refere à ocupação do solo, deve ser dada atenção à impermeabilização dos terrenos, evitando índices excessivos que possam agravar as enchentes e inundações. Trata-se de tema de difícil fiscalização, já que um proprietário de terreno, depois de conseguido o alvará de construção, poderá impermeabilizar até 100% da área, caso não haja controle contínuo. Mas existem meios de identificar os índices de impermeabilização, seja por meio do monitoramento por meio de imagens áreas ou orbitais, seja pela inclusão do tema na legislação ambiental urbana nas políticas públicas.

O licenciamento ambiental, associado à concessão de alvarás de localização ou de funcionamento de atividades urbanas, comerciais, industriais ou de serviços, é ferramenta para prevenir o agravamento ou a eclosão de problemas. O licenciamento de tais atividades prevê a identificação e o mapeamento das APPs, excluindo-se qualquer tipo de uso dentro dos seus limites. Para corrigir os problemas ambientais existentes e que decorreram de inadequada localização de atividades, a fiscalização ambiental ou urbanística tem papel relevante, convocando as atividades desconformes para o licenciamento corretivo.

Em diversas situações, o próprio agente público se configura em um agente degradador do ambiente quando atua em desconformidade com a legislação ou mesmo quando é omissos em situações que deveria fiscalizar (Ribeiro, 2000). Ainda, podemos acrescentar que os municípios deveriam produzir informações atualizadas a respeito dos limites das APPs em seus territórios. Porém, apesar dos benefícios gerados pelo sensoriamento remoto, ainda há um déficit em termos de mapeamento

das APPs em todo território brasileiro e, o município de inserção da área de estudo também se encontra nesta situação.

2.2 Sensoriamento Remoto e SIG aplicados ao estudo de APPs

Os dados oriundos de Sensoriamento Remoto e a alta capacidade de processamento, análise e modelagem dos SIGs tornam possível a identificação das áreas de preservação definidas pelo Código Florestal, bem como a verificação de irregularidades quanto aos usos do solo e favorecem a tomada de decisões quanto a proposição de recuperação para aquelas que se encontram degradadas.

Sensoriamento remoto é um termo utilizado na área das ciências aplicadas que se relaciona à obtenção de imagens à distância, sobre a superfície terrestre. Estas imagens são adquiridas através de aparelhos denominados sensores remotos. Por sua vez estes sensores ou câmaras são colocadas a bordo de aeronaves ou de satélites de sensoriamento remoto (JENSEN, 2011). De acordo com INPE (2006), os dados de sensoriamento remoto têm se mostrado extremamente úteis para estudos e levantamentos de recursos naturais, principalmente devido aos seguintes fatores:

- visão sinótica, que permite ver grandes extensões de área em uma mesma imagem;
- resolução temporal que permite a coleta de informações em diferentes épocas do ano e em anos distintos, o que facilita os estudos dinâmicos de uma região;
- resolução espectral que permite a obtenção de informações sobre um alvo na natureza em distintas regiões do espectro, acrescentando assim uma infinidade de informações sobre o estado dele;
- resolução espacial, que possibilita a obtenção de informações em diferentes escalas, desde as regionais até locais, sendo este um grande recurso para estudos abrangendo desde escalas continentais, regiões até um quarteirão.

Há diversos satélites que orbitam a Terra capturando dados para formação das imagens. Por exemplo, as imagens do Landsat 8 podem atingir uma resolução espacial de 15 metros a partir da fusão das bandas multiespectrais com a banda pancromática. De outra forma, as imagens do satélite IKONOS-II possuem resolução espacial de 1 metro, nas quais pode-se observar nitidamente feições locais como o traçado das ruas e até mesmo árvores e residências. Ainda, o satélite RapidEye

produz imagens com resolução espacial de 5 metros nas bandas espectrais do azul, verde, vermelho, *red-edge* e infravermelho próximo.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um tipo especial de sistema de informações se diferencia pela utilização da componente espacial vinculada à informação (BURROUGH, 1998). Tais sistemas são utilizados para manipular, sintetizar, pesquisar, editar e visualizar informações, geralmente armazenadas em bases de dados computacionais. Os programas computacionais de SIG possuem ferramentas para manipular os dados geográficos a fim de produzir informações geográficas. Esses programas possuem ferramentas para exibirem dados destas informações, ferramentas para realizar edição, alteração e transformação de dados geográficos, ferramentas para medir distâncias e áreas, para combinar mapas, entre outras funções. Uma instância prática de um SIG combina programa computacional com equipamentos, dados, usuários e procedimentos, para resolver um problema, auxiliar na tomada de decisões e no planejamento de ações.

Em estudo realizado por Pincinato (2005) para analisar a viabilidade de recuperação de áreas de preservação permanente irregulares em São Sebastião (SP), foi utilizado o *software* Spring 4.0, imagens dos satélites Landsat TM5 e SPOT, captadas em 1999. O autor concluiu que a inserção das informações obtidas por sensores remotos em ambiente SIG permitiu um diagnóstico aprofundado das APPS, tais como a avaliação de sua situação legal e de sua viabilidade de adequação frente a recuperação de sua cobertura vegetal. Também avaliou que, de um modo geral, as geotecnologias preencheram a grande lacuna que faltava para permitir que o Código Florestal tenha uma melhor aplicação.

Souza (2013) avaliou as APPs da bacia do córrego Pirapitinga por meio de técnicas de geoprocessamento, empregando como dados de entrada imagens dos satélites CBERS-2B, datadas de 2009 e Landsat TM5, de 2012. A autora procedeu a elaboração de cartas temáticas das APPs e constatou um percentual elevado de ocupação inadequada dentro dos seus limites.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delimitação e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo se refere a microbacia do Arroio São Lourenço, inserida no município de São Lourenço do Sul, conforme apresentado na Figura 11. Tal microbacia perfaz uma área de 190,56 km² e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, que por sua vez pertence a Região Hidrográfica do Litoral.

De acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS (FEPAM), a Região Hidrográfica do Litoral ou das Bacias Litorâneas está localizada na porção leste e sul do território rio-grandense e ocupa uma superfície de aproximadamente 53.3561 Km², correspondendo a 20,11 % da área do Estado. Sua população total é estimada em 1.231.293 habitantes, correspondendo a 12,09 % da população do Rio Grande do Sul, distribuídos em 80 municípios, com uma densidade demográfica em torno de 23,07 hab/Km². Nesta região está presente um dos maiores complexos lagunares do mundo, onde têm destaque três grandes corpos d'água: Lagunas dos Patos, Mirim e Mangueira (FEPAM, 2016).

O município de São Lourenço do Sul está localizado junto à Lagoa dos Patos, entre as latitudes 30°58'52" e 31°31'05"S e as longitudes 51°44'47" e 52°27'32"O. Apresenta cotas altimétricas médias de 25 metros na várzea, junto à Lagoa, e 150 metros na área colonial onde, próximo à divisa com o município de Canguçu, nas cabeceiras dos arroios Inhuqira e Maenduava (também chamado de Arroio Grande) encontra-se o ponto mais elevado, com aproximadamente 300 metros de altitude.

O município possui uma área de 2.036,125 Km² sendo drenado por uma vasta rede hidrográfica que deságua na Laguna dos Patos. Entre os principais rios e arroios estão o rio Camaquã (divisa com os municípios de Cristal e Camaquã); arroio Grande (divisa com os municípios de Turuçu e Pelotas); arroio Sapato (divisa com o município de Canguçu); arroio Evaristo e; arroio São Lourenço. Este último apresenta relevância no contexto municipal devido ao fato de ser utilizado para captação de água para abastecimento público.

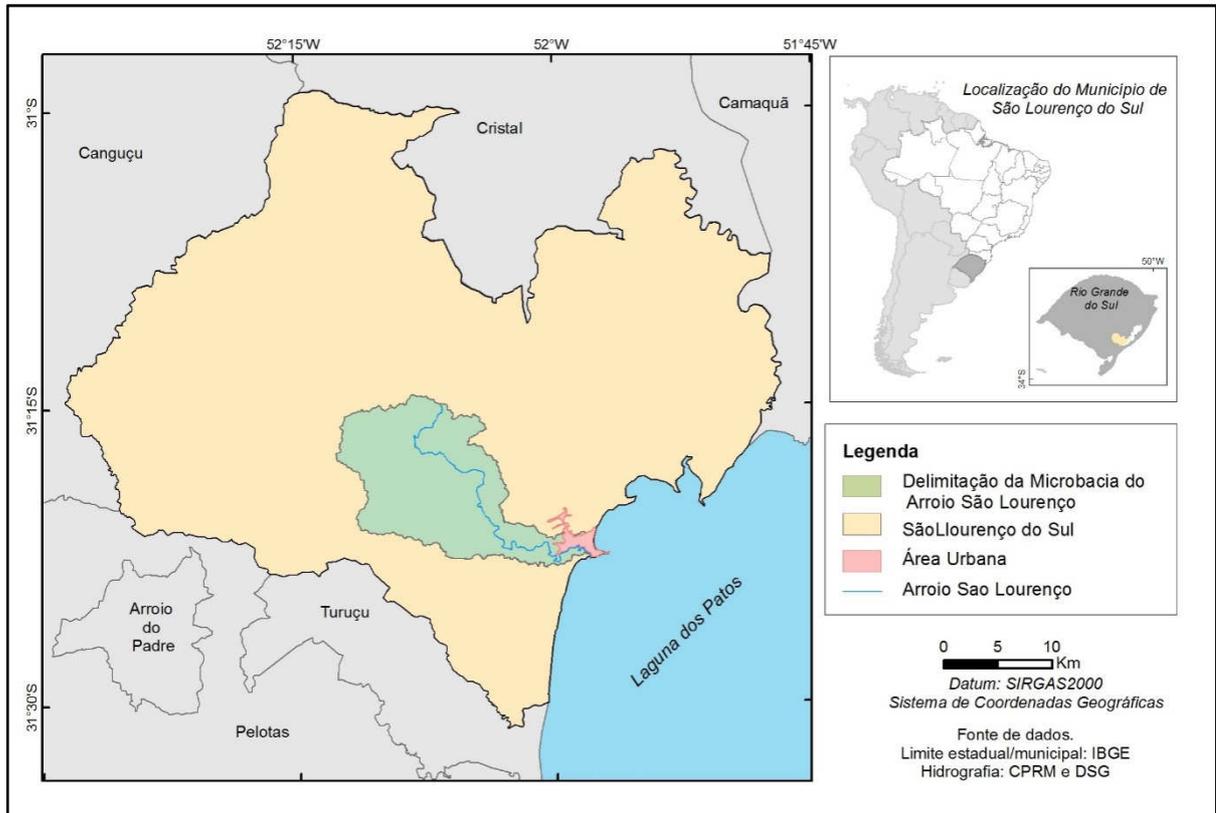


Figura 11 – Mapa de localização delimitação a área de estudo.

A região do município encontra-se assentada sobre dois grandes sistemas geológicos: o Embasamento Cristalino e a Planície Costeira Sul-Brasileira. O Embasamento Cristalino, área de planalto, localmente chamado Serra de Tapes, caracteriza-se por terrenos cristalinos de idade pré-cambriana relacionados a eventos magmáticos e metamórficos que afetaram a região no final do proterozóico. Possui uma topografia soerguida e acidentada e uma rede de drenagem relativamente densa, formada por canais de pequeno porte, encaixados e com padrão dendrítico que controla a morfologia ondulada desses terrenos. O relevo do município não apresenta grandes altitudes e seus pontos mais altos têm picos arredondados em consequência da ação erosiva de milhões de anos.

Na direção leste-sul o relevo se faz mais suave até se tornar uma zona plana. A Planície Costeira Sul-Brasileira, localmente denominada de área de várzea caracteriza-se por terrenos sedimentares de idade pliocênica e quaternária relacionada a regressões e transgressões marinhas. Possui terrenos planos formados por ambientes que alternam origem marinha, lacustre e continental associados a uma série de corpos d'água do tipo lagos e lagoas (LIMA, 2006).

Quanto aos solos do município, Cunha (1994) apresenta uma classificação em três tipologias: Hidromórficos Cinzento, Planossolo e Gley Pouco Úmido. Os elementos fundamentais de constituição desses estratos são o quartzo, as argilas, partículas de feldspatos, micas e alguns minerais pesados (KALIKOSKI e ASMUS apud LIMA, 2006)

O clima do município, conforme a classificação de Köppen-Geiger, é temperado úmido (Cfa), pendendo ao subtipo subtropical do tipo mesotérmico, com verões quentes, constantemente úmidos com temperaturas médias, no mês mais quente superior a 22°C e a anual, inferior a 18°C. As precipitações oscilam entre 1.300 a 1.400mm em parte do município. Em algumas áreas, a quantidade de chuvas se estabelece entre 1.600 a 1.800 mm anuais, geralmente bem distribuídos ao longo das estações.

A distribuição geográfica da população de São Lourenço do Sul no território não é homogênea. Em 2010 a população total era de 43.111 habitantes, sendo que 18.874 residem no meio rural em uma área de 2.022,23 Km² o que representa 99,32% do território. Por outro lado, 24.237 pessoas residem na zona urbana em uma área de 13,9 Km², o que representa 0,68% do território. A densidade demográfica geral do município 21,17 hab/km², sendo a rural de 9,33 hab/Km² e a urbana 1,74 hab/Km² (IBGE, 2010).

Conforme os dados apresentados pelo IBGE Cidades, o município de São Lourenço do Sul possui uma área de solos agricultáveis de 162.797 hectares, sendo 7.909 destinadas à preservação permanente ou reserva legal. Por outro lado, as áreas consideradas inaproveitáveis para a agricultura configuram cerca de 5ha. O Censo Agropecuário (IBGE, 2006) aponta como as principais culturas agrícolas o milho, o arroz e a soja com 18.000, 9.415 e 9.000 ha de área cultivada, respectivamente. A produção atingiu cerca 75.000 toneladas de milho, 55.590 de arroz e 13.230 de soja.

Os principais problemas ambientais se referem à erosão, salinização e desertificação dos solos, poluição das águas, desmatamento, inclusive aquelas áreas protegidas pela legislação como encostas de morros, matas ciliares que protegem nascentes e cursos d'água. Em vista disto, consideram-se terras degradadas, 427 ha (IBGE, 2006). Também se observa com potencial agravo ao ambiente a utilização de agrotóxicos.

Conforme informações da Prefeitura de São Lourenço do Sul, além da agricultura e da pesca, possui forte vocação turística, apoiada por uma boa infraestrutura de hotéis, pousadas, cabanas e campings para os veranistas que vêm de diversos lugares do Brasil.

São cinco quilômetros de orla com água doce e plátanos, figueiras e coqueiros à margem. As principais praias são a das Ondinas ou praia das Mães, a praia da Barrinha, e a praia das Nereidas ou praia das Crianças. A enchente de março de 2011, referida acima no caso 2, desfigurou severamente a praia da Barrinha.

3.2 Procedimentos Metodológicos

O método para realização deste trabalho consiste em uma abordagem qualitativa, onde se busca a obtenção das características naturais e a avaliação da ocorrência ou não de alterações antrópicas, por meio de pesquisa bibliográfica, coleta de dados, produção cartográfica e análise dos dados obtidos a partir dos produtos cartográficos gerados. Apesar da base qualitativa, análises quantitativas foram aplicadas de modo a mensurar as variáveis consideradas e as alterações identificadas.

Assim, os procedimentos adotados para o desenvolvimento deste projeto podem ser resumidos em quatro etapas principais: a) levantamento dos antecedentes; b) coleta e seleção de dados; c) entrada dos dados e modelagem em ambiente SIG; d) avaliação dos resultados obtidos.

3.2.1 Levantamento dos antecedentes

Esta etapa consiste na pesquisa bibliográfica, da legislação ambiental, de dados estatísticos e de produtos cartográficos e imagens de satélites. Tal levantamento visou selecionar dados literários e bibliográficos gerais sobre o tema para embasamento teórico da pesquisa, bem como dados geográficos específicos da área de estudo, para suporte aos procedimentos adotados na execução da proposta. As fontes consultadas são material bibliográfico pertinente e órgãos públicos tais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS (FEPAM-RS),

Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Agência Nacional de Águas (ANA), entre outros.

3.2.2 Coleta e seleção de dados

A partir do levantamento prévio das informações disponíveis, o conjunto de dados estatísticos e espaciais nos formatos *raster* ou vetorial é composto pelas seguintes informações da microbacia do Arroio São Lourenço e do município de São Lourenço do Sul:

- Dados censitários do IBGE de demografia, produção agrícola e industrial.
- Delimitação do município, em escala 1:500.000, proveniente do IBGE.
- Hidrografia, áreas urbanas, curvas de nível, pontos cotados e rede viária de quatro cartas topográficas da DSG do Exército Brasileiro, em escala 1:50.000 e formato *shapefile*.
- Mapas de solos, geologia e geomorfologia em escala 1:250.000 provenientes do site do IBGE.
- Imagens do satélite RapidEye, com cinco metros de resolução espacial, nas bandas do visível e infravermelho próximo, datas de 12/06/2011, 28/10/2011, 28/03/2012, 29/08/2013, 07/11/2013, 16/12/2013, 05/01/2014, 22/03/2014, 26/07/2014 e 07/09/2014 obtidas no Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente.
- Imagens de satélite de alta resolução espacial, disponíveis na plataforma *GoogleEarth Pro*.

3.2.3 Entrada dos dados e modelagem em ambiente SIG

As informações cartográficas e de imagens foram inseridas em um banco de dados estruturado no SIG ARCGIS 10.3, no formato *geodatabase*. O tratamento inicial dos dados refere-se à padronização dos parâmetros cartográficos visando adiante a integração e análise conjunta de todos os dados coletados. O sistema geodésico de referência utilizado é o SIRGAS 2000 e a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

A seguir são descritos os procedimentos de obtenção das variáveis pertinentes aos objetivos do trabalho, estruturadas sob a forma de planos de informação (PIs), ou seja, as variáveis espacializadas em ambiente SIG. Cabe ressaltar que em razão da variação de escalas entre os dados oriundos de diversas fontes e formatos, foi necessário ajustar os dados para a maior escala de análise, tomando-se por base as imagens do satélite RapidEye.

O limite da microbacia do Arroio São Lourenço foi obtido junto a um projeto de pesquisa financiado pelo CNPq, o qual este trabalho está inserido. Em razão do dado original ter sido produzido em uma escala reduzida, o limite foi ajustado sobre as imagens do satélite RapidEye integradas às curvas de nível e hidrografia.

Tendo por base o limite da área de estudo, elaborou-se um mosaico composto por 17 imagens do satélite *RapidEye*, com resolução espacial de cinco metros e cinco bandas espectrais, sendo elas azul, verde, vermelho, *red-edge* e infravermelho próximo. Posteriormente, foi realizado recorte do mosaico pelo limite da área de estudo, composto por 12 imagens, conforme apresentado na Figura 12.

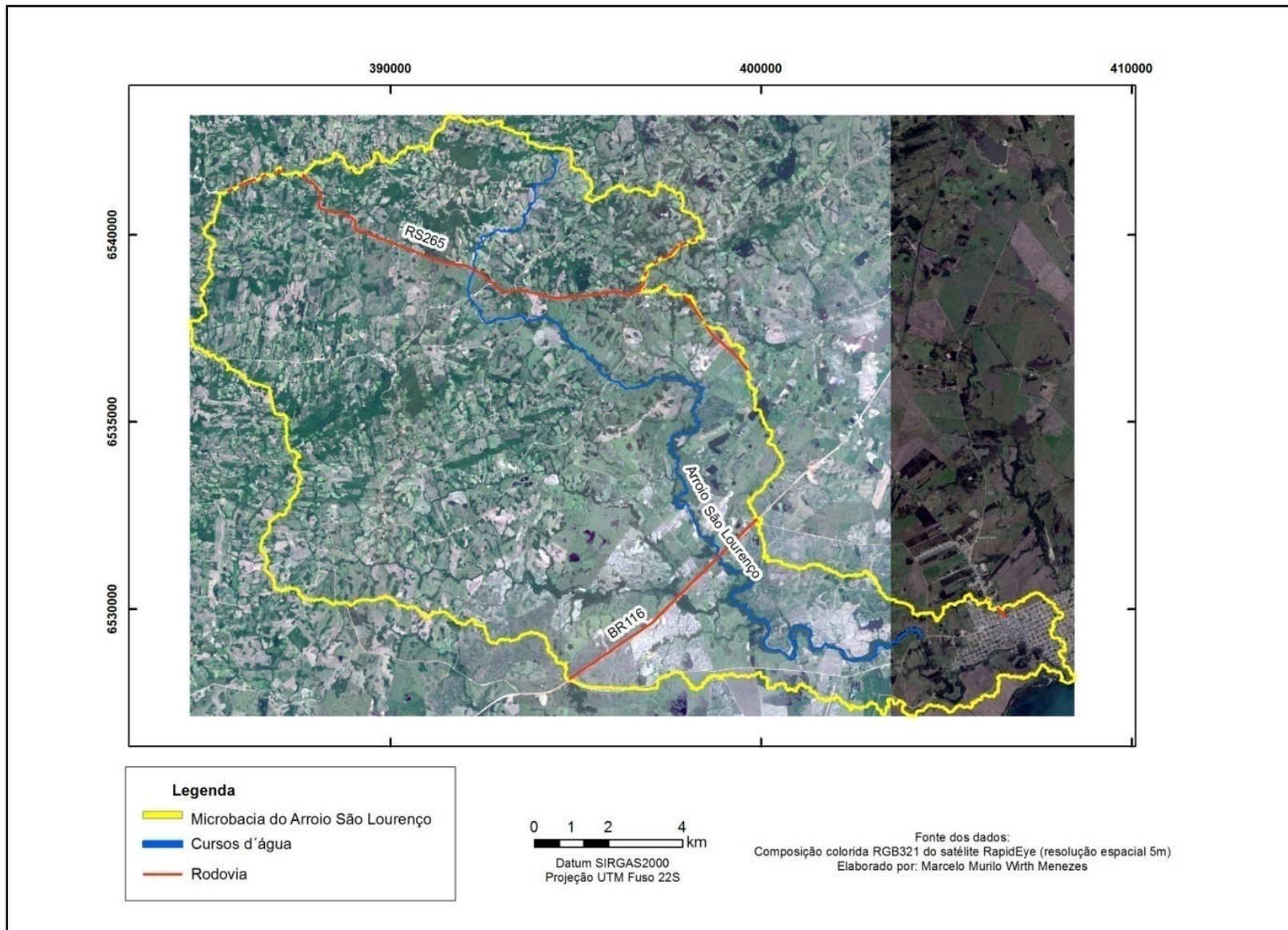


Figura 12. Carta imagem da área de estudo. Fonte: Autoria própria, 2016.

A geração do mapa de hidrografia se deu a partir da interpretação visual sobre as imagens em composições coloridas RGB321 e RGB432, bem como sobre a banda 5. Esta última se mostrou bastante útil, devido o maior contraste do alvo água com os demais alvos, em razão da menor reflectância nesta faixa do espectro eletromagnético. Durante o processo de vetorização utilizou-se como referência o PI da rede hidrográfica oriunda das cartas topográficas da DSG. Como resultado, obtiveram-se dois *layers* devido o formato dos dados vetorizados, um representando feições do tipo linha (cursos de água) e outro representando feições do tipo polígono (corpos de água). Apesar de terem sido vetorizados, os canais de irrigação de culturas agrícolas foram excluídos devido ao fato deste *layer* ser utilizado adiante no mapeamento das APPs. Ainda, as nascentes foram identificadas por meio da atribuição de uma feição de ponto no início de cada drenagem, de forma automatizada. O mapa produzido é apresentado na Figura 13.

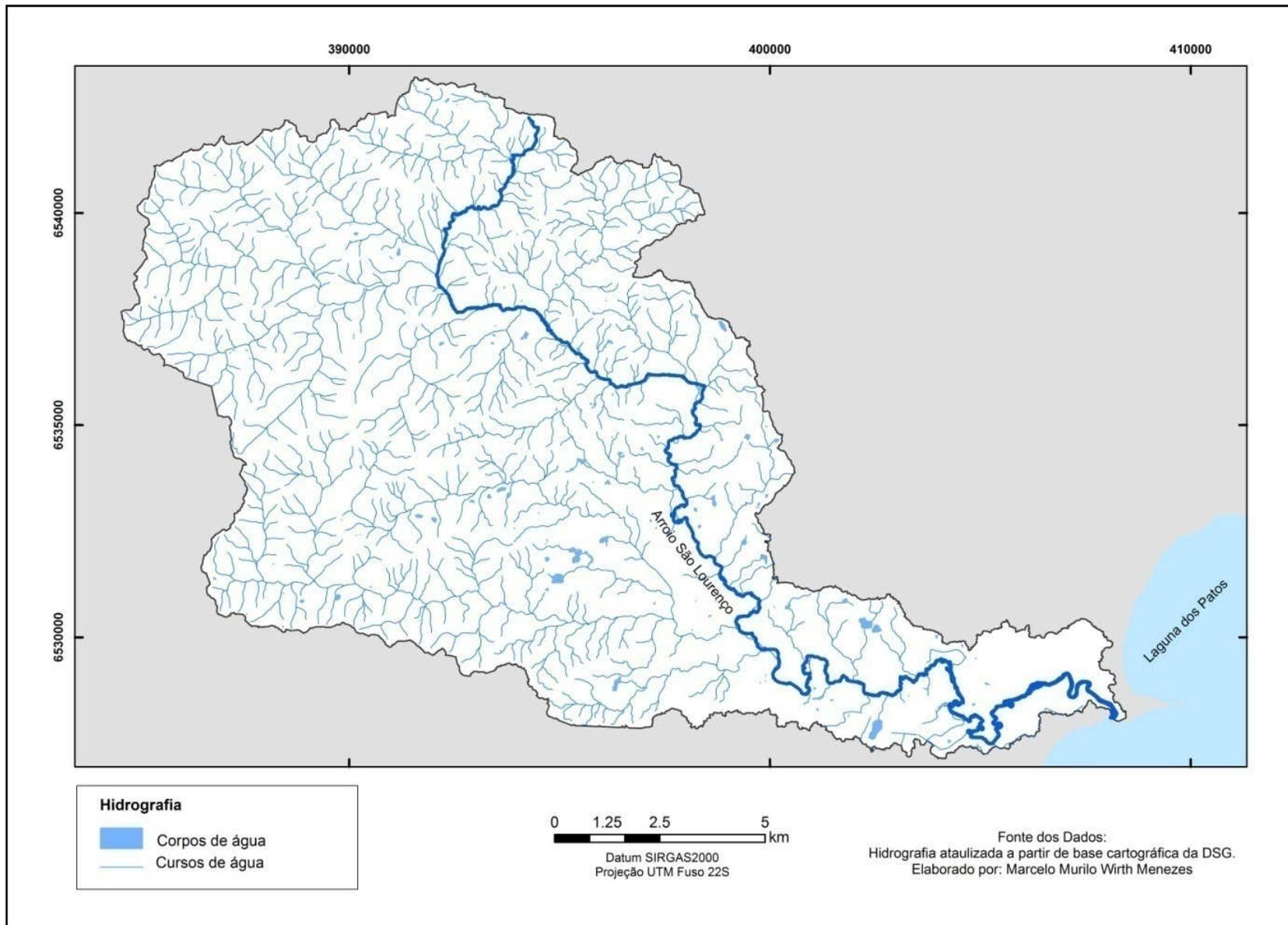
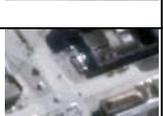


Figura 13. Mapa de hidrografia da Microbacia do Arroio São Lourenço.

O mapa de cobertura e uso da terra foi elaborado utilizando-se o método da interpretação visual sobre o mosaico de imagens RapidEye, em composições coloridas RGB321, RGB543 e RGB432. Ressalta-se que antes da seleção deste método, foram testadas diversas segmentações de imagem, porém os resultados não foram satisfatórios em razão das características da área de estudo.

Como apoio ao processo de vetorização, utilizaram-se as imagens de satélite da plataforma Google Earth, devido a sua resolução espacial proporcionar maior detalhe de análise, bem como os dados do IBGE referentes ao censo agropecuário. O sistema de classificação adotado é o proposto pelo IBGE em seu Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013). Inicialmente elaborou-se a chave de interpretação, onde os alvos são identificados a partir de elementos como a cor, tonalidade, textura, forma, padrão, entre outros (Quadro 1). Dessa forma, foram vetorizadas sobre as imagens, em escala de visualização 1:10.000, as seguintes classes: área urbana, área de mineração, cultivo agrícola, silvicultura, mata nativa, campo, corpo d'água corrente, corpo d'água, solo exposto e rede viária. O resultado dos procedimentos é apresentado na Figura 14.

Amostra	Interpretação	Elementos para interpretação	Amostra	Interpretação	Elementos para interpretação
	Mata nativa	Cor verde escura, rugosidade grossa, limites indefinidos		Solo exposto	Cor branca, textura lisa, forma irregular.
	Campo	Cor verde médio ou marrom esverdeado, rugosidade fina a lisa, forma irregular.		Área urbana	Cor bege claro, cinza claro a escuro, formas geométricas e padrão reticulado.
	Cultivo Agrícola	Cor verde claro a médio, rugosidade fina, forma geométrica, por vezes padrão estriado.		Mineração	Cor cinza, textura rugosa em contraste com entorno de textura lisa, forma indefinida.
	Silvicultura	Cor verde muito escuro, rugosidade média, forma geométrica, padrão quadriculado.		Rodovia	Cor cinza médio a escuro, textura lisa, forma regular e retilínea.
	Cursos d'água	Cor marrom ou verde-acinzentado. Textura lisa, limites definidos, forma sinuosa e meandrante.		Vias Pavimentadas	Cor branca a cinza claro, textura lisa, forma retilínea. Na área urbana, padrão reticulado.
	Corpos d'água	Cor marrom ou verde-acinzentado. Textura lisa, limites definidos, forma circular.		Vias Não Pavimentadas	Cor marrom claro, textura lisa, forma retilínea e, alguns pontos, curvilínea.

Quadro 1. Chave de Interpretação.

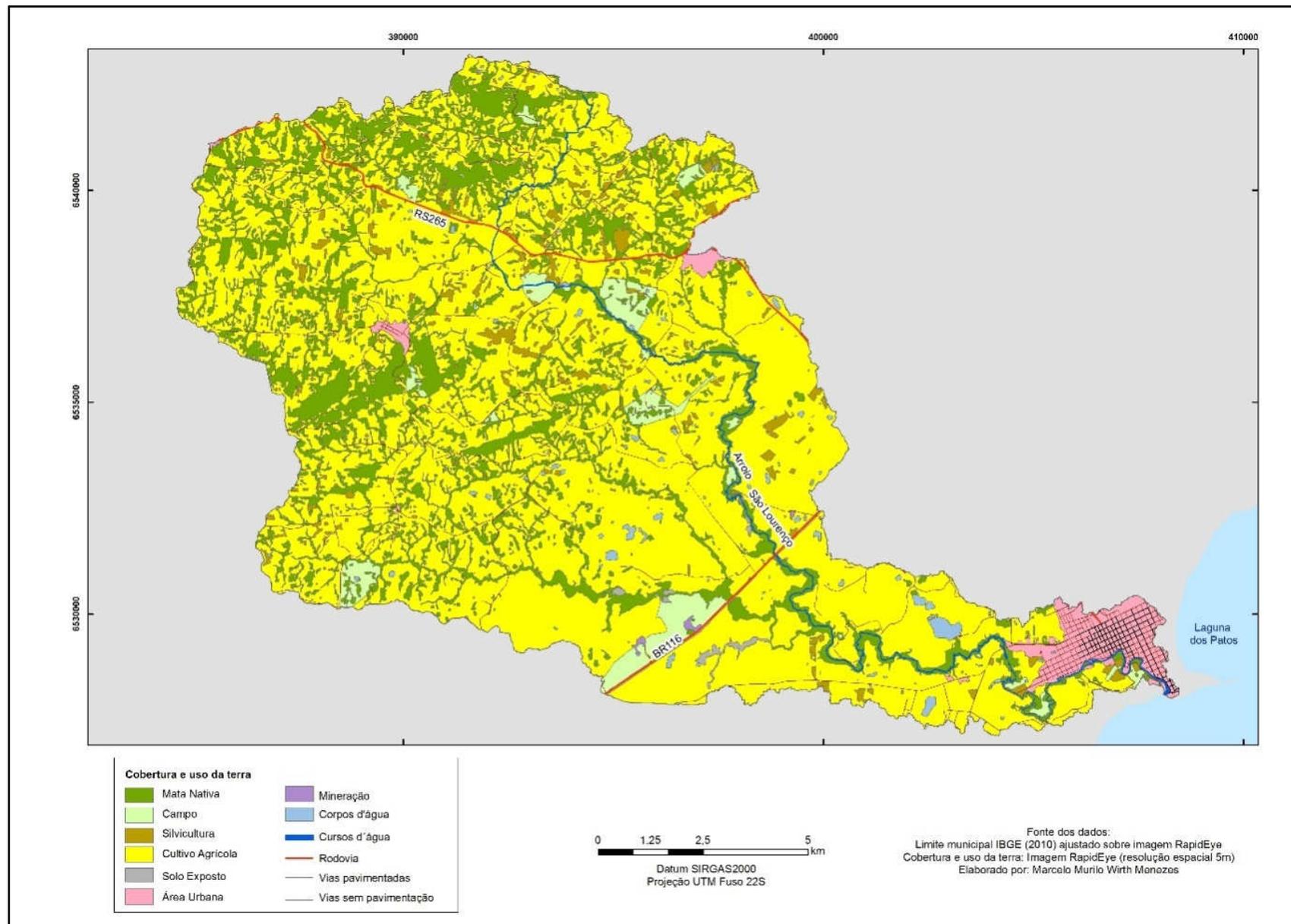


Figura 14. Cobertura e uso da terra da Microbacia do Arroio São Lourenço.

A seguir são descritas as classes mapeadas:

Área urbana: áreas correspondentes às cidades (sedes municipais), às vilas (sedes distritais) e às áreas urbanas isoladas. Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas. As áreas urbanizadas podem ser contínuas, onde as áreas não lineares de vegetação são excepcionais, ou descontínuas. O principal sítio urbano está localizado junto à desembocadura do Arroio São Lourenço na Laguna dos Patos.

Área de mineração: áreas de exploração ou extração de substâncias minerais. Na área de estudo esta atividade está relacionada a extração de areia.

Cultivo agrícola: terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e *commodities* do agronegócio. Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delimitamento de áreas cultivadas ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas. Na região de estudo se estende por toda a área, com maior contiguidade na região da Planície Costeira. Quanto aos tipos de cultivo, predominam o milho e a soja nas áreas do Embasamento Cristalino e o arroz na Planície Costeira.

Silvicultura: Atividade ligada a ações de composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, assegurando proteção, estruturando e conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima para a indústria madeireira, de papel e celulose ou para o consumo familiar. Esta classe encontra-se de forma esparsa em toda área de estudo, compondo polígonos conectados a vias de circulação.

Mata nativa: a vegetação natural compreende um conjunto de estruturas florestais e campestres, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas. Na área de estudo, predomina nas regiões de relevo mais acidentado e nas margens do Arroio São Lourenço.

Campo: entende-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. As áreas campestres quando destinadas ao

pastoreio do gado, são consideradas pastagens naturais, ainda que tenham recebido algum manejo.

Corpo d'água: os corpos d'água continentais referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha. No presente trabalho são considerados os lagos e lagoas de água doce, represas e açudes.

Curso d'água: referem-se, de igual forma, aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha. No presente trabalho são considerados os rios, canais e arroio.

Solo exposto: área desprovida de cobertura vegetal ou artificial, deixando à mostra a superfície do solo. Pode ter causa antrópica ou natural. Neste trabalho constatou-se a presença de áreas com solo exposto, porém, não foi possível certificar-se da origem do problema.

Rede viária: malha viária destinada a circulação. Na área de estudo, foi dividida em vias pavimentadas, vias não pavimentadas e rodovias, com extensão total de 196,12 km; 22,59 km e; 23,03 km, respectivamente.

A tabela 1 apresenta a área das classes poligonais vetorizadas no mapa de cobertura e uso da terra.

Tabela 1 – Área ocupada pelas classes de cobertura e uso da terra e percentual com relação a área de estudo.

Classe	Área (Km ²)	%
Área de Mineração	0,14	0,07
Área Urbana	5,13	2,69
Arroio São Lourenço	0,52	0,27
Campo	5,69	2,99
Corpos d'água	1,53	0,80
Cultivo Agrícola	132,40	69,50
Mata Nativa	39,14	20,54
Silvicultura	5,25	2,75
Solo Exposto	0,71	0,37
TOTAL	190,51	100,00

Fonte: Autoria própria, 2016.

3.2.4 Mapeamento das APPs

A partir deste ponto, os procedimentos se referem a identificação e ao mapeamento das APPs de acordo com o Código Florestal Brasileiro de 2012.

APPs Hidrografia

Previamente ao mapeamento das APPs, foram analisadas as propriedades dos recursos hídricos da região, já que a faixa de preservação é diferenciada para cada caso em específico. Dessa forma, cada classe de recurso hídrico classificado de acordo com a sua largura (medida entre as margens), área e localização (zona urbana ou rural).

A seguir, as APPs dos recursos hídricos foram obtidas por meio de operadores de distância aplicados sobre cursos de água, corpos de água e nascentes de modo a obter a faixa marginal especificada pela legislação considerada. Esta operação foi realizada por meio da aplicação de um operador de distância (*buffer*), do *software* ArcGIS. Os parâmetros de distância foram assim aplicados:

- 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- 100 (cem) metros, no entorno de lagos e lagoas naturais, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- 30 (trinta) metros, no entorno de lagos e lagoas naturais, em zonas urbanas;
- 50 metros no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica.

Os reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais não foram considerados nesta análise, pois

a faixa de preservação é ser definida quando se requer a licença ambiental do empreendimento.

APP declividade

Utilizaram-se como dados de entrada as curvas de nível e os pontos cotados obtidos da DSG e o limite da microbacia, conforme apresentado na Figura 15. Estes dados foram processados para a geração do Modelo Digital de Elevação (Figura 16), por meio do módulo *Topo To Raster*, disponível na extensão *3D Analyst* do ArcGIS. Optou-se por este módulo devido a possibilidade de integração de vários dados de entrada, o que pode reduzir possíveis erros durante o processo de interpolação dos dados (HUTCHINSON, 2009). Tendo sido elaborado o MDE, foram então geradas as declividades do terreno. Como resultado, pôde-se verificar a inexistência de áreas com declividade superior a 45° , portanto, na área de estudo não há presença de APPs desta categoria.

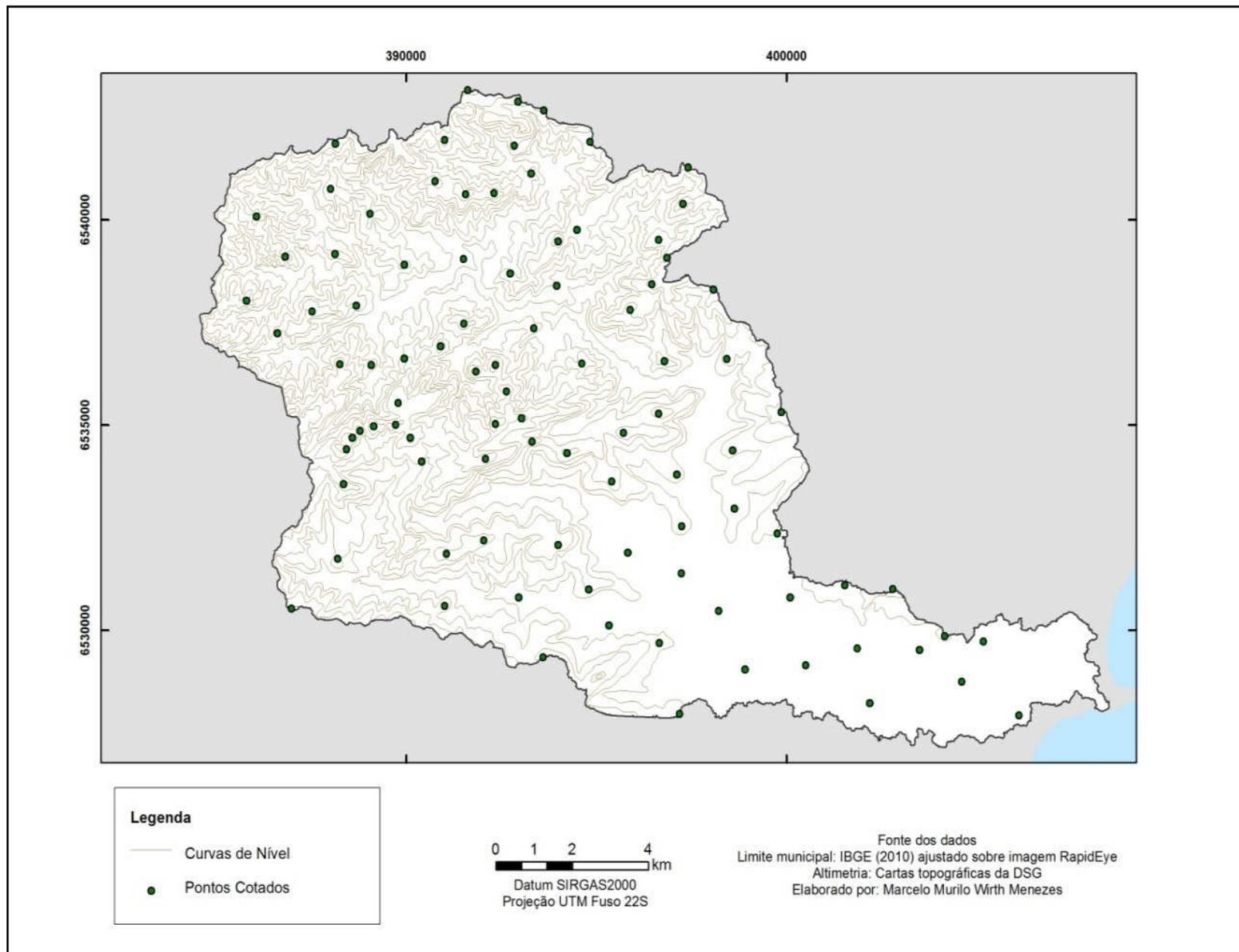


Figura 15. Pontos cotados e curvas de nível da Microbacia do Arroio São Lourenço.

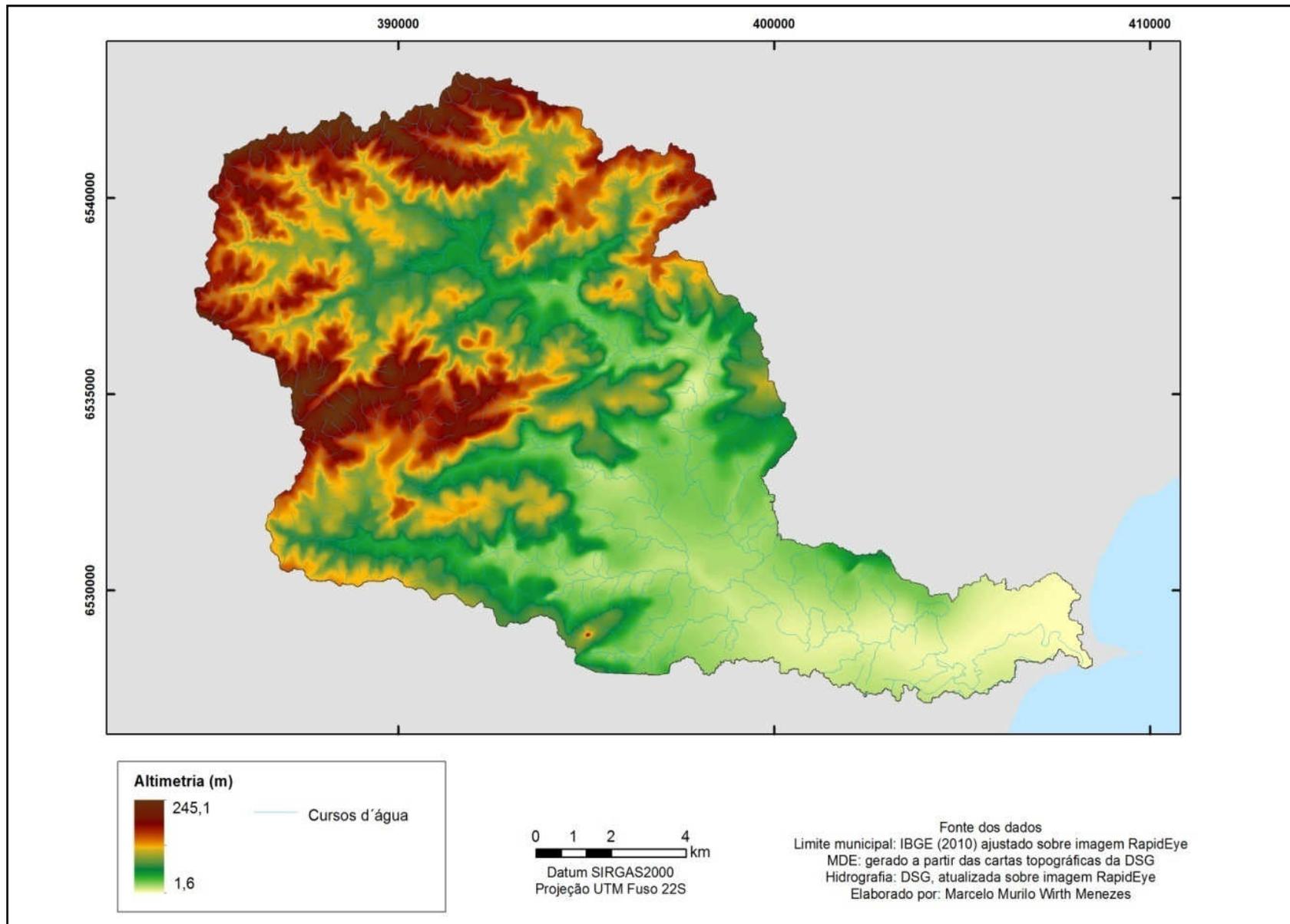


Figura 16. Modelo Digital de Elevação (MDE) da Microbacia do Arroio São Lourenço.

APP de Topo de Morros

A obtenção das APPs de topo de morro foi fundamentada na metodologia proposta por Oliveira & Fernandes Filho (2013), onde é executado um complexo conjunto de procedimentos no *software* ArcGIS, composto por 37 etapas. A execução destes procedimentos permitiu verificar que não há APP de topo de morro na área de estudo. A análise deste resultado demonstrou que a inexistência desta categoria de APPs se dá em função do não atendimento às orientações do Código Florestal quanto à necessidade de altitude maior do que 100 metros e declividade superior a 25 graus.

3.2.5 Cobertura e uso da terra em APPs

Com a finalidade de verificar os tipos de uso especificamente dentro dos limites das APPs, executou-se um cruzamento do tipo booleano, com aplicação do operador “*and*” entre os mapas de Cobertura e Uso da Terra e o de APPs. Dessa forma, obteve-se as classes de cobertura e uso dentro dos limites das APPs.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DO MAPEAMENTO DAS APPs

A Figura 17 apresenta o mapa de todas as categorias de APPs encontradas na área de estudo. A soma da área destas perfaz 39,89 km², ou seja, 20,94% da área total da microbacia do Arroio São Lourenço. Predominam as APPs de cursos de água (29,82%), seguidas das de corpos de água (13,14%) e das de nascentes (12,11%), conforme apresentado na Tabela 2. A dominância de APPs de cursos de água deve-se a densa rede hidrográfica da região, composta por cursos perenes e intermitentes.

Tabela 2 – Áreas por classes de recursos hídricos e percentuais nas APP.

Classe	Área (Km ²)	%
Nascentes	4,83	12,11
Cursos de água	29,82	74,76
Corpos d'água	5,24	13,14
TOTAL	39,89	100,00

Fonte: Autoria própria, 2016.

As APPs estão distribuídas em toda a área de estudo e, tanto na área rural quanto na área urbana há um predomínio das APPs de cursos de água. Na área urbana, cabe salienta a presença de APP junto a foz do Arroio São Lourenço, que cruza o centro urbano principal do município.

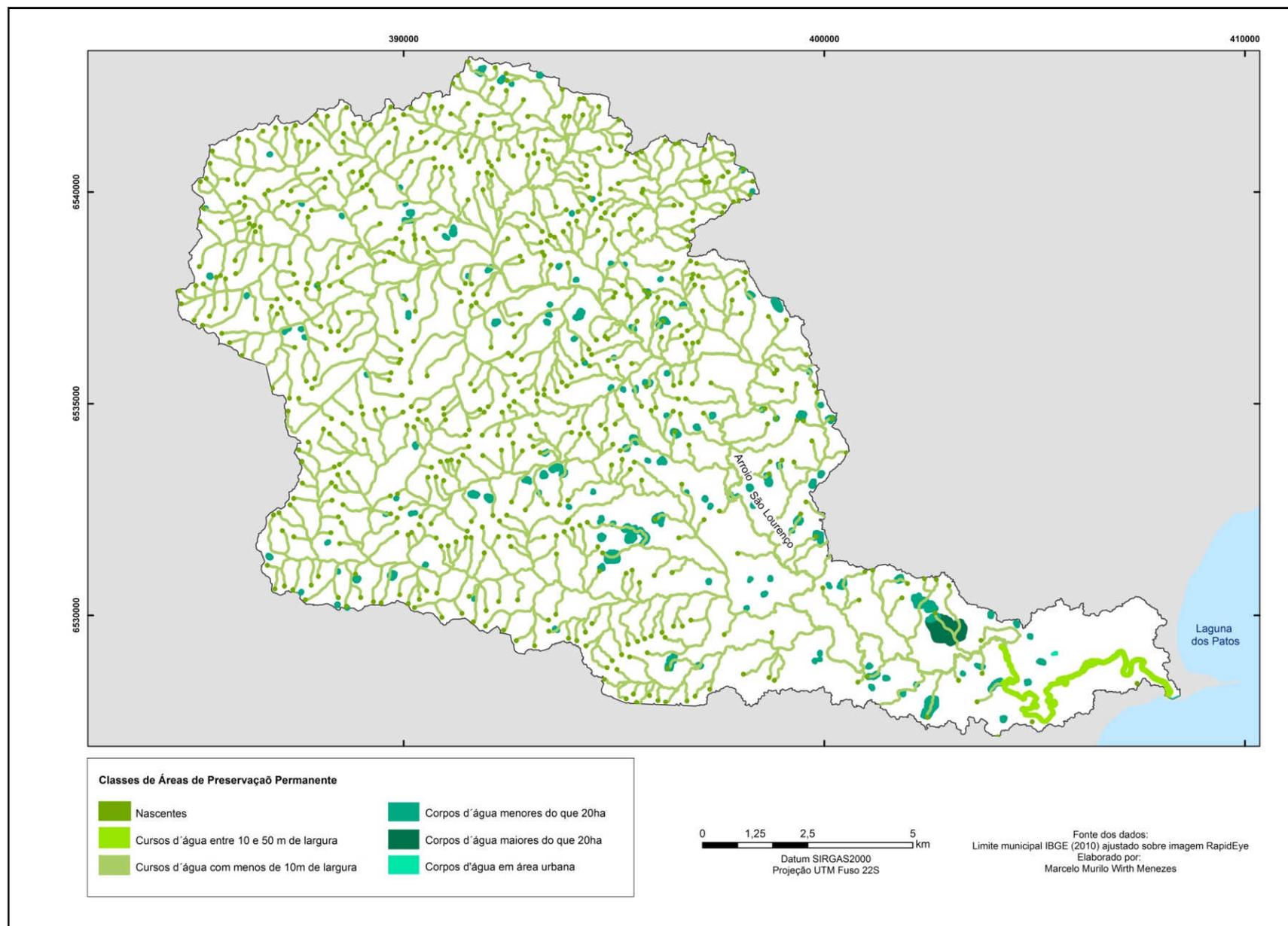


Figura 17: APPs de hidrografia da Microbacia do Arroio São Lourenço.

4.2 ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS APPs

A qualidade ambiental das APPs foi avaliada a partir da verificação dos tipos de cobertura e uso do solo dentro dos limites das APPs, conforme apresentado na Figura 18. Assim, os usos identificados foram confrontados com o que estabelece o Código Florestal, estabelecendo duas categorias: uso conflitivo e não conflitivo. A primeira está ligada às atividades antrópicas e a segunda, a cobertura natural preservada. Para este trabalho, estabeleceu-se como situação de uso conflitivo, aqueles relacionados às áreas de mineração, urbanas, de cultivo agrícola e silvicultura. O resultado desta classificação pode ser observado na Figura 19.

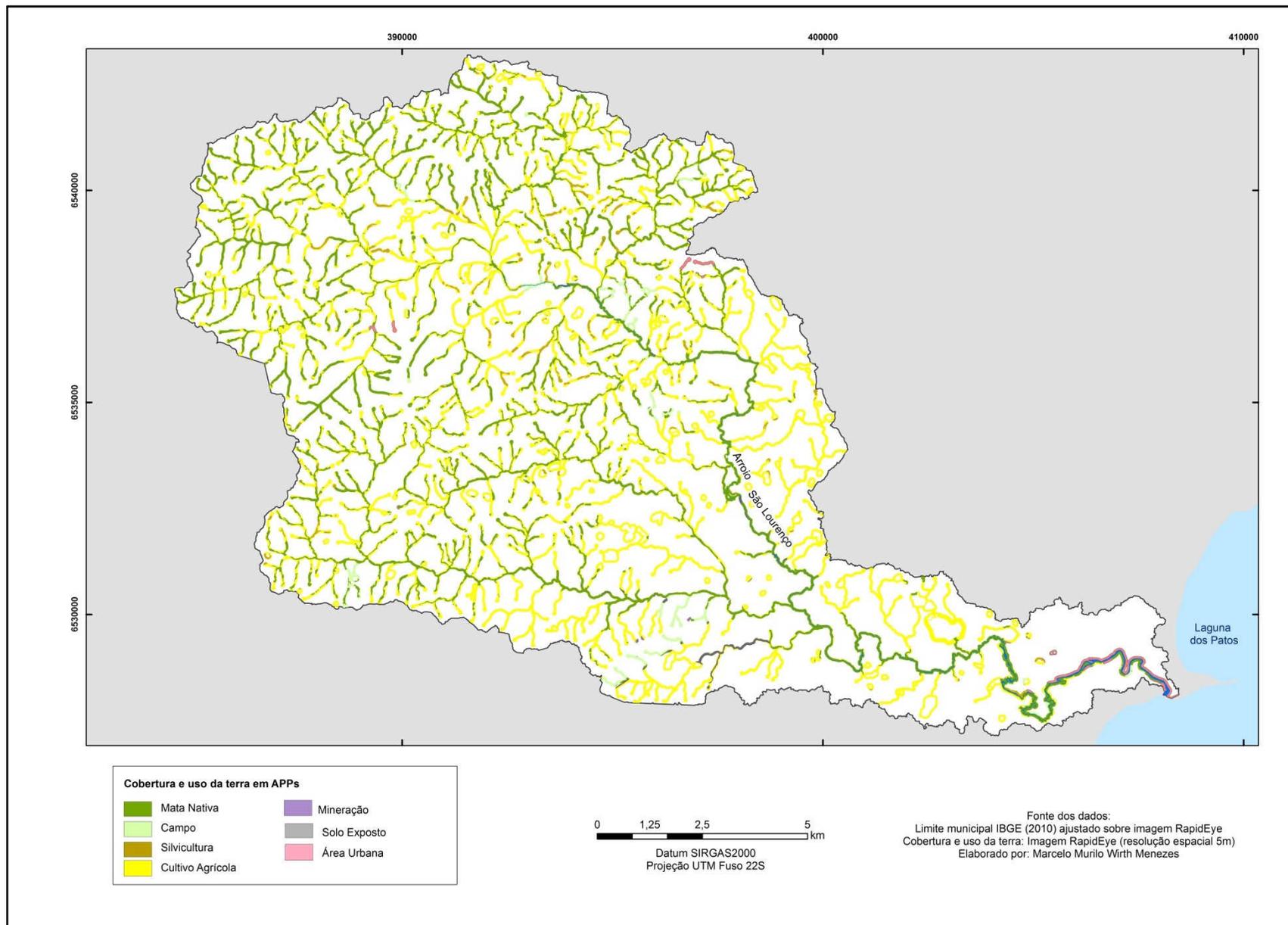


Figura 18. Usos do solo dentro dos limites das APPs da Microbacia do Arroio São Lourenço.

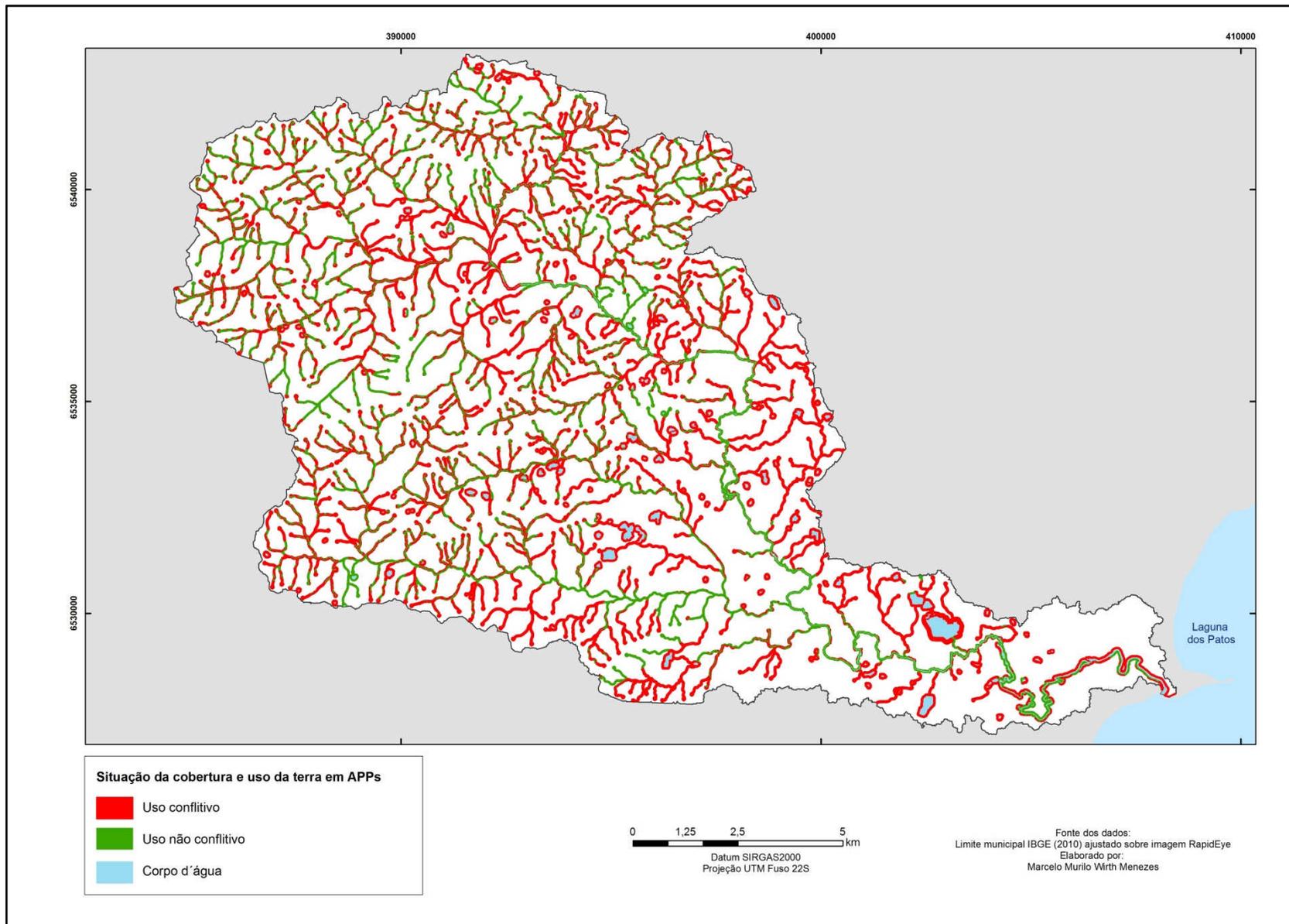


Figura 19. Mapa conflito / não conflito.

A construção dos mapas geradores de indicadores referentes às APP mostra que dentro da área total da microbacia do Arroio São Lourenço cerca de 21% são de áreas de preservação permanente. As classes de cobertura e uso da terra predominantes nas APPs são cultivo agrícola (54,58%) e mata nativa (38,56%). A Tabela 3 detalha a área e o percentual de cada categoria de cobertura e uso da terra. Levando em consideração que campo, mata nativa e solo exposto não são consideradas áreas de conflito, analisando-se a tabela é possível compreender que cerca de 42% das APPs se mantêm preservadas. Conseqüentemente, o restante, aproximadamente 58% apresenta algum tipo de situação conflitiva entre tipo de uso e APP.

Tabela 3 – Área e percentual das classes de cobertura e uso da terra nas APP.

Tipo	Área (Km ²)	%
Área de Mineração	0,01	0,03
Área Urbana	0,42	1,05
Campo	1,02	2,56
Cultivo Agrícola	21,77	54,58
Mata Nativa	15,38	38,56
Silvicultura	1,06	2,66
Solo Exposto	0,23	0,58
TOTAL	39,89	100,00

Fonte: Autoria própria, 2016.

Conforme apresenta-se na Tabela 4, no que tange às áreas de preservação permanente que estão em conflito com algum tipo de uso da terra, aparece a classe de cultivo agrícola com maior ocorrência, chegando à 54,58% do total das APP, seguido das áreas de silvicultura, urbana e de mineração, as quais conflitam com as áreas de preservação permanente encontradas na microbacia do Arroio São Lourenço em 2,66%, 1,05% e 0,03%, respectivamente.

Tabela 4 – Área e percentual de usos do solo conflitivos nas APPs.

Classe	Área (Km ²)	% de Área Sobre APP
Área de Mineração	0,01	0,03
Área Urbana	0,42	1,05
Cultivo Agrícola	21,77	54,58
Silvicultura	1,06	2,66
TOTAL	23,27	58,31

Fonte: Autoria própria, 2016.

A Figura 20 apresenta duas situações distintas de conflito na faixa de APPs do Arroio São Lourenço (linha amarela): ao norte pode-se observar a urbanização e, ao sul, o cultivo agrícola. Estas zonas foram observadas no *Google Earth*, por meio da ferramenta de visualização *Street View*, que permitiu identificar variadas formas de uso urbano às margens do referido arroio: residencial, atividades comerciais ligadas à pesca e ao armazenamento da produção agrícola e situações onde se presume que haja ocupações irregulares (Figura 21). Com esta ferramenta foi ainda possível identificar que o tipo de cultivo da margem sul é o arroz, que na data das imagens encontrava-se em fase de pousio (Figura 22).



Figura 20: Detalhe da APP do Arroio São Lourenço.



Figura 21: Usos urbanos às margens do Arroio São Lourenço. Fonte: *Google Earth/Street View*



Figura 22: Cultivo de arroz às margens do Arroio São Lourenço. Fonte: *Google Earth/Street View*

A Figura 23 denota um recorte da imagem RapidEye na zona rural, onde o principal conflito identificado está relacionado com o cultivo agrícola sobre as APPs (linhas amarelas) de nascentes e de cursos de água.



Figura 23: Detalhe das APPs de curso de água e de nascentes no meio rural.

5. CONCLUSÕES

Os problemas causados pela ocupação desordenada nas APPs estão cada vez mais presentes nos municípios brasileiros. Este fato deve-se, em parte, historicamente ao modelo de crescimento urbano e de produção agrícola adotados. A ausência de políticas de preservação até meados da década de 1980 e de consciência social da relevância na utilização racional dos recursos naturais levou à ocupação urbana e agrícola em áreas que deveriam ser conservadas. Atualmente, mesmo com o amplo instrumental técnico e legal disponível, a realidade está distante do ideal. A estrutura pública para a promoção do desenvolvimento sustentável por meio de ações práticas de planejamento e fiscalização ainda são ineficazes.

No caso da Microbacia do Arroio São Lourenço, os tipos de uso e cobertura da terra conflitantes com as APPs representam cerca de 12% da área estudada. Considerando-se o total das áreas de preservação, cerca de 56% apresentam algum tipo de intervenção antrópica, estando sua cobertura natural substituída pelo uso urbano ou suprimida pelos cultivos agrícolas.

As ocupações sobre APPs são passíveis de regularização fundiária, desde que esse processo resulte em melhorias ambientais e que as áreas ocupadas não sejam consideradas de risco à população. Devido a sua grande relevância ambiental, esse processo deve ser sustentável também sob o ponto de vista social, conciliando, na medida do possível, a manutenção da população no meio urbano e as atividades do meio rural, especialmente aquelas ligadas as pequenas propriedades, de modo a garantir a qualidade de vida e bem-estar com a melhoria das condições ambientais. Possibilitar tais ações exige mudança cultural e política, que permita se pensar na terra não apenas como uma mercadoria geradora de grandes lucros, mas como uma necessidade e um direito de todo cidadão. E, este processo representa um desafio, pois é indispensável compatibilizar interesses ambientais, econômicos, políticos e sociais divergentes.

Quanto a metodologia empregada, esta se mostrou satisfatória para a verificação proposta neste trabalho. O emprego das técnicas para geração dos mapas por meio da utilização de SIG permitiu a criação dos diversos modelos, os quais foram integrados de modo relativamente rápido e fácil.

Ressaltamos a etapa de geração do mapa de cobertura e uso da terra como a mais custosa em termos de tempo devido ao método empregado e à grande extensão da área de estudo. Apesar da longa duração deste procedimento, consideramos que a interpretação visual produziu um resultado mais preciso com relação à utilização da classificação digital ou à segmentação de imagens. Também é importante lembrar a importância que as ferramentas livres do *Google Earth* tiveram na execução deste produto, reduzindo sobremaneira a necessidade do trabalho de campo. À exceção se faz para as áreas rurais, nas quais a grande maioria não está coberta pela visualização do *Street View*. Nesta situação, uma limitação do presente estudo é justamente a falta de visitas in loco para conferência das classes mapeadas.

Desta forma, é possível recomendá-la para estudos semelhantes, aonde seja necessário o mapeamento de variáveis a partir de produtos cartográficos e de sensoriamento remoto com origens diversas, até chegar-se em um produto final capaz de fornecer poder de análise e conclusão.

Espera-se que a disponibilização dos produtos gerados aos gestores públicos envolvidos possa servir como subsídios para desenvolver propostas de melhorias socioambientais e opções de restauração de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. **Novo Código Florestal**. Brasília, DF: Senado, 2012.

_____. Lei nº 6.766 de 19 de Dezembro de 1979. **Parcelamento do Solo Urbano e outras Providências**. Brasília, DF: Senado, 1979.

_____. Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. **Política Nacional do meio Ambiente**. Brasília, DF: Senado, 1981.

_____. Ministério da Agricultura. **Desenvolvimento sustentável**. Disponível em: > <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em 18 set. 2016.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. – (Monographs on soil and resources survey)**. Oxford, UK. Oxford University Press. 1994.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. **Apostila De Sistema De Informações Geográficas**. 2006. Disponível em: http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1414/apostila_sig.pdf> Acesso em: 09 mai. 2016.

CI Florestas. **Cartilha do Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: < <http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/index.html>> Acesso em: 14 jun. 2016.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 302, de 20 de Março de 2002** Publicada no DOU nº 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1, páginas 67-68.

FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. **Região Hidrográfica Do Litoral**. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacias_hidro.asp Acesso em: 14 jun. 2016.

HARTWIG, Elisangela Böhlke. 2011. **O assoreamento na bacia do arroio Fortunato, município de São Lourenço do Sul, RS**. 2011. Monografia – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, São Lourenço do Sul, RS

HEIDRICH, Álvaro Luiz et al. **Estruturas e dinâmicas socioespaciais urbanas no Rio Grande do Sul: transformações em tempos de globalização (1991-2010)**. Porto Alegre: Letra 1 editora, 2016.

HUTCHINSON, M. F. Locally adaptive gridding of noisy high resolution topographic data. XVIII Congresso Mundial IMACS e MODSIM09 **Congresso Internacional sobre Modelagem e Simulação**. Cairns, Austrália 13-17 Julho de 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2014. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 09 mai. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=431880&idtema=3&search=rio-grande-do-sul|sao-lourenco-do-sul|censo-agropecuario-2006>>. Acesso em: 22 set. 2016.

_____. **Censo Demográfico.** 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acessado em: 09 mai. 2016.

_____. **Manual Técnico De Uso Da Terra.** 3ª edição. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf> Acesso em: 14 jun. 2016.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **São Lourenço do Sul: Dados Gerais do Município.** Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/512E>>. Acesso em: 09 mai. 2016.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Apostila de Sensoriamento Remoto.** 2006. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

LIMA, Maria Imaculada Fonseca. **Paisagem, terroir e sistemas agrários: um estudo em São Lourenço do Sul.** Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11010/000602635.pdf?sequenc>> Acesso em: 14 jun. 2016.

MILLER JR, G .Tyler. **Ciência Ambiental.** São Paulo. Thomson Learning, 2007. Páginas 281-282.

OLIVEIRA, Guilherme de Castro; FILHO, Elpídio Inácio Fernandes. **Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica.** In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. p. 4443-4450. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0938.pdf>> Acesso em: 22 set. 2016.

PREFEITURA DE SÃO LOURENÇO DO SUL. Disponível em: <<http://www.saolourencodosul.rs.gov.br/>> Acesso em: 09 mai. 2016.

RIBEIRO, Maurício Andrés. **Ecologizar: pensando o ambiente humano.** Belo Horizonte. Editora Rona, 2000. Páginas 254-255.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P.; PEREIRA, R. S. Evento de inundação brusca ocorrido em São Lourenço do Sul, RS, em 10 de março de 2011. In: **Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais.** Rio Claro: UNESP. p. 1-12. 2012.