

ANÁLISE DA URBANIZAÇÃO NA ÁREA MANANCIAL DA REPRESA GUARAPIRANGA ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Jaqueline de Carvalho Silva (IC) e Sergio Vicente Denser Pamboukian (Orientador)

Apoio PIBIC Mackenzie/CNPq

Resumo: A crise hídrica que São Paulo enfrentou em 2014 e 2015 confirmou a necessidade de preservação da água da região para abastecimento público. A Represa Guarapiranga foi um dos poucos reservatórios que apresentou níveis de água satisfatórios durante o período, entretanto, por localizar-se na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) contém em sua bacia áreas suscetíveis a urbanização não planejada que podem trazer prejuízos as suas águas. Nesse ínterim o presente estudo consistiu na criação de mapas de representação do quadro de crescimento urbano e uso do solo na Área de Manancial da Represa Guarapiranga, observando também as alterações ocorridas nas zonas protegidas por Lei. Os conceitos de geoprocessamento e um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o software QGIS, foram os principais instrumentos de análise utilizados. A partir dos resultados é possível constatar que dentro da bacia hidrográfica da represa houve significativo crescimento urbano, porém nas Áreas de Preservação Permanente (APP), onde a Lei apresenta-se mais rígida, a intervenção humana é mais sutil, apresentando-se predominantemente por mais áreas de solo exposto e menor incidência de edificações.

Palavras-chave: Represa Guarapiranga, Uso do Solo, Geoprocessamento.

Abstract: The water crisis faced by São Paulo between 2014 and 2015 confirmed the need to preserve the region's water for public supply. The Reservoir of Guarapiranga was one of the few reservoirs that showed satisfactory water levels during the period of crisis; however, because it is located in the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP) contains areas in its basin susceptible to unplanned urbanization, which can bring harm for its waters. Meanwhile, the present study was about the creation of representative maps of urban growth and land use in the Reservoir of Guarapiranga's area, also observing the change in protected areas legislation. The concepts of geoprocessing and Geographic Information System (GIS), the QGIS software, was the main analytical tool used. From the results it is clear that within the drainage basin of the reservoir occurred significant urban growth, but in the Permanent Preservation Areas (APP) where the law appears more rigid, human intervention is subtle, presenting predominantly soil exposed areas and fewer incidence of buildings.

Keywords: Reservoir of Guarapiranga, land use, geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (2015): “A crise hídrica vivenciada no biênio 2014-2015 na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) nos mostrou o quão drástico pode ser um fenômeno climático na alteração da disponibilidade deste que é, sem dúvida, o nosso mais precioso recurso natural.”

Quando os povos pré-históricos começaram a abandonar o nomadismo, descobriram que a água não era apenas uma substância de consumo próprio e imediato, mas também fundamental para a agricultura e criação de animais. Este fato transformou a localização dos corpos d'água em condição primordial na escolha de um lugar para se fixarem e a partir disso a humanidade prosseguiu formando civilizações que desenvolveram-se ao redor de rios, por exemplo, os sumérios, astecas, babilônicos e assírios (SÃO PAULO, 2014).

Atualmente, a maioria das cidades crescem ao redor dos rios e cursos d'água, como é o caso de São Paulo que ergueu-se às margens do Rio Tietê e continua a crescer em áreas de mananciais como as das Represas Guarapiranga e Billings. Entretanto, o que era visto somente como vantajoso pelos povos antigos, hoje é um assunto preocupante para a administração pública.

A qualidade e quantidade de água da Represa Guarapiranga encontram-se comprometidas devido à ocupação irregular da região que provoca poluição das águas e assoreamentos próximos aos mananciais, uma vez que, quando é removida a cobertura vegetal para, por exemplo, realização de construções, o processo de erosão do solo é intensificado (SÃO PAULO, 2008). Essa poluição deve ser controlada para evitar doenças e epidemias. Ademais, quanto mais poluída a água se encontra, o custo de seu tratamento torna-se significativamente maior. O gasto para tratar 1 milhão de litros de água do Sistema Guarapiranga, por exemplo, foi de R\$ 23,21 em 1998 para R\$ 54,03 em 2003, o que representa 133% de aumento (SÃO PAULO, 2008). Em 2015, foi realizado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) um investimento de 76,5 milhões de reais no aumento da capacidade do tratamento de água do Sistema Guarapiranga, tornando-a a principal fonte de abastecimento de água da RMSP durante a crise hídrica do período, pois a população atendida pelas águas desse sistema foi de 3,9 para 5,9 milhões de pessoas (VEJA, 2015).

A urbanização chega até as áreas ambientalmente frágeis como as Áreas de Preservação Permanente (APP), o que traz graves consequências à produção de água. Há anos, o controle da proliferação de loteamentos clandestinos e ocupações irregulares é um desafio. A área tornou-se efetivamente ocupada na década de 70, e conseqüentemente, foi a partir deste período que surgiram os problemas socioambientais.

Com base neste contexto se insere a necessidade de melhorar as políticas/ações de monitoramento da ocupação do solo da região, mas, para garantir a total eficácia deste fim, é necessária a existência de estudos e levantamentos sobre a situação em que a expansão urbana se encontra.

Em vista disso, este projeto teve como finalidade a criação de mapas e imagens que representam o quadro de uso e ocupação do solo da região. Para atingir este fim foram escolhidas as técnicas de geoprocessamento por ser capaz de atender as necessidades de um estudo regional e por dispor dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que são ferramentas matemáticas e computacionais que permitem a geração, análise e sobreposição de informações espaciais de três tipos: imagens matriciais, imagens vetoriais e dados. O SIG utilizado neste estudo foi o software gratuito QGIS, onde foram tratadas, editadas e analisadas imagens de satélite e sensoriamento remoto que foram, respectivamente, disponibilizadas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA) e obtidas em um componente instalado no próprio QGIS. Os dados utilizados foram obtidos pela plataforma *online* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

1.1. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é criar um conjunto de mapas que permitam analisar o quadro do crescimento urbano na área manancial da Represa Guarapiranga, que auxilie no planejamento de ações preventivas e corretivas sobre a ocupação irregular desse manancial, de modo a minimizar ou evitar o comprometimento da produção de água deste reservatório.

Os objetivos específicos são:

- delimitar o contorno da Represa Guarapiranga;
- identificar a Faixa de Preservação Permanente definida no decreto nº 51.686/2007 utilizando as imagens orbitais de 2007 e 2010 disponibilizadas pela EMPLASA;
- identificar as Áreas de Restrição à Ocupação (ARO) definidas pela lei estadual nº 12.233/2006 e pelo decreto nº 51.686/2007;
- criar mapas de uso e ocupação do solo, baseados em dados dos Censos Demográficos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010;
- elaborar mapas que representem as regiões onde há conflito entre uso e ocupação do solo e as atividades admitidas dentro das ARO, de acordo com a lei estadual 12.233/2006, sobre as imagens da EMPLASA de 2007 e 2011;
- gerar mapas de expansão urbana na região da bacia hidrográfica da represa entre 2000 e 2015;
- Analisar os mapas obtidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção estão apresentados os conceitos relevantes para a definição da área de estudo como bacia hidrográfica, manancial, APP, Faixa de Preservação Permanente e leis e resoluções ambientais, além de um breve resumo sobre a Represa Guarapiranga e o Uso do Solo em seu entorno e informações referentes a metodologia utilizada: geoprocessamento, SIG, sensoriamento remoto, entre outros.

2.1. Bacia Hidrográfica

Bacia hidrográfica é uma região sobre a superfície terrestre que é delimitada topograficamente de forma que os cursos d'água dentro dela sejam abastecidos pelo escoamento superficial de água precipitada e não infiltrada no solo em qualquer ponto dentro desses limites e que essas águas tenham como destino uma única seção fixa, denominada exutório.

Por se tratar de uma represa artificial construída por meio do represamento de um rio, o Rio Guarapiranga, a Represa Guarapiranga tem sua bacia hidrográfica e faz parte de uma área de manancial, que compreende todas as fontes de água superficiais ou subterrâneas da região que podem ser empregadas para o abastecimento público. Para cumprir esta função, um manancial precisa de cuidados especiais como, por exemplo, a manutenção das matas que protegem nascentes, rios, lagos, represas e lençóis freáticos (SÃO PAULO, 2014).

Entre as situações que causam degradação das áreas de mananciais, podem ser destacadas: ocupação desordenada do solo, em especial, áreas vulneráveis como as APPs; práticas inadequadas de uso do solo e da água; falta de infraestrutura de saneamento (precariedade nos sistemas de esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e resíduos sólidos); superexploração dos recursos hídricos; remoção da cobertura vegetal; erosão e assoreamento de rios e córregos; e atividades industriais que se desenvolvem descumprindo a legislação ambiental (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

2.2. Represa Guarapiranga

A Represa Guarapiranga faz parte da Sub-bacia Cotia-Guarapiranga do Alto Tietê localizada a sudoeste da RMSP e foi construída entre 1906 e 1909 para fornecimento de energia elétrica, mas em 1928, devido à expansão da demanda hídrica da cidade, sua água foi destinada ao abastecimento público (SÃO PAULO, 2014).

Atualmente, o Sistema Guarapiranga é o segundo mais importante da RMSP atendendo 5,6 milhões de pessoas (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015) que vivem em Santo Amaro, Campo Limpo, Morumbi, Butantã e Taboão da Serra (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2005).

Segmentos dos municípios Cotia, Embu, Embu-Guaçu, Itapequerica da Serra, Juquitiba, São Lourenço da Serra e São Paulo formam os 639 km² de área dessa sub-bacia com um montante de 800 mil moradores. O espelho d'água da represa é de 26,6 km² e armazena 171 milhões de m³ de água. Os principais tributários dela são os rios Embu-Mirim, Embu-Guaçu, Itaim e Caulim e os córregos Itupu, Guaviritupa, Rio Bonito e São José (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2005).

Mesmo em períodos de estiagem a Represa tem apresentado bons índices de volume armazenado, 84,3% em março de 2015 (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015). Sua água é tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA) Alto da Boa Vista pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) que ampliou a capacidade de tratamento na estação de 14 m³/s para os atuais 16 m³/s, o que permitiu, conjuntamente com outras medidas, fazer com que o Sistema Guarapiranga ocupasse o posto de principal contribuinte da RMSP durante maior parte da crise hídrica enfrentada pela região (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015).

2.3. Uso do solo na região da Sub-bacia Cotia-Guarapiranga

Podemos observar cenários contraditórios na Sub-bacia da Guarapiranga, pois ao sul ainda encontramos importantes remanescentes de Mata Atlântica e, ao norte, suas margens já estão densamente ocupadas de forma irregular devido à ausência de políticas públicas de habitação. Essa ocupação, por ser irregular, não tem acesso a políticas de saneamento, lançando seus esgotos, poluindo e assoreando as águas da represa, além de essa carga orgânica estimular a proliferação das algas, causando enormes problemas para tratar essa água que é consumida pelos cidadãos dessa mesma região (SÃO PAULO, 2014).

Episódios de ocupações irregulares na região são frequentemente divulgados pela mídia como foram os casos do acampamento Vila Nova Palestina organizado pelo Movimento dos Trabalhadores Sem Teto (MTST) que ocupa uma área de 300 mil m² próxima ao Parque Ecológico do Guarapiranga, também reivindicado pelo movimento, desde 2013 (SÁ, 2014) e dos mais de 10 mil metros quadrados da Mata Atlântica, desmatados ilegalmente pela Minha Casa, Meu Doce Lar, conforme noticiado pelo portal Globo G1 (2016).

2.4. Leis e Resoluções a serem atendidas e um breve histórico

As tentativas de controlar a ocupação do solo em regiões importantes para a preservação de recursos hídricos culminaram na criação de Leis referentes ao assunto nos três poderes públicos a partir da década de 70. Mesma década em que foi introduzido o conceito de 'região metropolitana' com a proposta de criar mecanismos capazes de elaborar políticas públicas comuns a municípios que estejam interligados.

Foram criadas as leis estaduais nº 898/75, 997/76 e 1.172/76 que delimitaram as áreas de proteção aos mananciais e fixaram categorias e limites para a ocupação populacional. Contudo, as normas de ocupação estipuladas por estas leis não foram devidamente respeitadas, as severas restrições relacionadas ao uso e a ocupação do solo, acentuaram ainda mais a expansão desordenada dos loteamentos irregulares e favelas, e contribuíram para a desvalorização das terras naquela região (ANCONA, 2002), como resultado a população na região que em 1980 era de 332.064 habitantes chegou a 548.370 em 1991 (SÃO PAULO, 2008).

A fim de solucionar o problema, foram estabelecidas a Lei Federal de Recursos Hídricos nº 9.433/97 e as Leis Estaduais de Recursos Hídricos nº 7.663/91 e Proteção e Recuperação dos Mananciais nº 9.866/97. A última é de grande importância para este estudo porque definiu três tipos de Áreas de Intervenção para mananciais que são as Áreas de Restrição à Ocupação (ARO), as Áreas de Ocupação Dirigida e as Áreas de Recuperação Ambiental (ARA) e também indicou a criação de leis específicas condizentes com a situação socioeconômica e ambiental de cada um dos mananciais. Atendendo a ela, foi apresentado em 2006, um estudo sobre as particularidades da Bacia do Guarapiranga, que foi transformado na Lei Específica da Área de Proteção e Recuperação de Mananciais da Guarapiranga – a APRM Guarapiranga (lei estadual nº 12.233) e em 2007 foi criado o decreto nº 51.686/2007 que regulamenta os dispositivos da APRM Guarapiranga, ou seja, define especificamente quais são as Áreas de Intervenção dela. Todas as leis e o decreto citados acima foram consultados para elaboração deste trabalho, inclusive o Novo Código Florestal, Lei Federal nº 12.651.

2.5. Área de Preservação Permanente (APP)

Segundo o Código Florestal a Área de Preservação Permanente– APP é toda:

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).

As APPs são importantes na APRM Guarapiranga por enquadrarem-se dentro das Áreas de Restrição a Ocupação (ARO) que são as áreas de maior restrição a intervenção humana da região e de especial interesse para a preservação, conservação e recuperação dos recursos naturais da Bacia. No Artigo 12 da lei estadual nº 12.233 são estabelecidas as atividades admitidas nas ARO que não envolvem a construção de habitações, ruas e avenidas ou indústrias.

2.6. Faixa de Preservação Permanente

As APPs em áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'águas naturais, como é o caso da Represa Guarapiranga, não são claramente delimitadas no Código Florestal, de acordo com o inciso III do art. 4 do Código, elas devem ser delimitadas “na faixa definida na licença ambiental do empreendimento”.

Portanto, no inciso III do artigo 54 do decreto nº 51.686/2007 é definida a Faixa de Preservação Permanente como “faixa de 50 metros de largura, medidos em projeção horizontal, a partir da linha de contorno correspondente ao nível máximo do reservatório”. O nível máximo operacional da Represa Guarapiranga é de 736,62 m (HELOU; SILVA, 1988).

2.7. Qualidade da água

Já existem estudos focados na análise da qualidade da água da Represa Guarapiranga, que relacionaram o problema com o uso do solo da região, como Richter *et al.* (2007) que avaliaram o grau de contaminação do reservatório entre 2002 e 2003 e concluíram que ele sofreu significativa contaminação de suas águas, em consequência das atividades antrópicas em seu entorno.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), que é o órgão responsável por monitorar a qualidade das águas das represas, apresentou em 2007 os resultados de dois índices importantes para verificação da qualidade das águas para abastecimento público, o IAP – Índice de qualidade das águas para fins de abastecimento público e o IQA – Índice de qualidade das águas desta Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). O IQA considera variáveis de qualidade que indicam o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento no corpo d'água e o IAP, além do lançamento de esgoto, aborda variáveis acerca das substâncias tóxicas e qualidade organoléptica da água, advinda, principalmente de fontes difusas (SÃO PAULO, 2008).

2.8. Classificação da Represa

As águas do Reservatório Guarapiranga enquadram-se na classe 1, de acordo com o Decreto Estadual 8.468 de 1976. Essa categoria envolve as águas destinadas, entre outros usos, ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, à recreação e à preservação das comunidades aquáticas, onde não são admitidos lançamentos de efluentes, mesmo tratados.

2.9. Rodoanel Trecho Sul

O Trecho Sul do Rodoanel Mario Covas, inaugurado em 2010, passa pelos municípios de Embu das Artes, Itapeverica da Serra, São Paulo, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Pires e uma de suas pontes passa pela Represa Guarapiranga (LOTURCO, 2007).

O Instituto Socioambiental (ISA) realizou uma simulação preliminar sobre as tendências de crescimento da mancha urbana localizada das bacias hidrográficas da Billings e Guarapiranga e na Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari Monos, que é a porção da RMSP a ser cortada pelo trecho sul do Rodoanel, e constatou que ocorrerá indução à ocupação e valorização do preço da terra entorno da rodovia e de seus acessos (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2015) o que pode ser prejudicial para os mananciais da região.

2.10. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

O SIG é composto por hardware, informação espacial, procedimentos computacionais e software. Ele possibilita que as geotecnologias sejam utilizadas de forma integrada com a finalidade de gerar novos conhecimentos e análises.

Os hardwares são os equipamentos destinados a coleta de dados e as plataformas computacionais. As informações espaciais são imagens, mapas e dados, obtidos através dos hardwares ou bancos de dados de órgãos públicos ou institutos de pesquisa e informação, que tem registrados suas localizações na superfície terrestre (georreferenciados). Os procedimentos computacionais são as ferramentas e algoritmos que permitem que sejam realizados os preparos e edições nas informações espaciais dentro dos SIGs. O software permite a manipulação e análise de dados espaciais, tendo como principal característica a criação, manipulação e sobreposição de imagens (camadas ou *layers*) que podem carregar informações qualitativas e quantitativas (tabela de atributos) criando novas formas de visualização e facilitando a criação de mapas.

Existem dois tipos de camadas: as matriciais (*raster*) que são formadas por um conjunto (matriz) de *pixels* e as vetoriais (*shapefiles*) que são formadas por elementos geométricos (pontos, linhas ou polígonos) também conhecidos como feições. Essas feições podem ser criadas e editadas facilmente pelo usuário, assim ele pode traçar contornos de corpos d'água e habitações, limites de terrenos, distritos, municípios e estados, faixas de domínios de rodovias, faixas de preservação, entre outros. Atributos podem ser adicionados as feições, o que possibilita atribuir localização geográfica a informações.

O SIG utilizado neste trabalho é o QGIS, software gratuito e muito utilizado internacionalmente. É baseado em código aberto (*Open Source*), funciona em Windows, MAC e Linux e suas funcionalidades podem ser estendidas por meio de instalação de complementos (*plugins*) (NADER; FAGGIN, 2011).

2.11. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto (SR) é um recurso do geoprocessamento que permite a obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto. As imagens de SR são geradas por sensores capazes de detectar e medir as respostas das interações da Radiação Eletromagnética (REM) com os materiais terrestres (MENESES et al., 2012). De acordo com o comprimento de onda de cada sensor, as imagens obtidas são separadas e disponibilizadas em várias bandas. A combinação dessas bandas pode ser feita nos SIGs, gerando imagens que destacam as características da superfície terrestre adequadas às necessidades de análise do usuário. Os sensores podem ser acoplados a radares, satélites ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS).

2.12. Classificação Supervisionada

A classificação supervisionada é um tipo de classificação em que o usuário do software identifica alguns dos *pixels* que fazem parte de determinadas classes definidas por ele (vegetação e corpos d'água, por exemplo) e o software realiza a classificação do restante da imagem. Cada área a qual o usuário identifica como sendo de uma determinada classe corresponde a uma amostra de treinamento ou região de interesse (*Region of Interest* – ROI). Sua determinação pode ser feita através do traçado de polígonos ou através de algoritmos de crescimento de região que selecionam automaticamente *pixels* afins. Uma vez determinadas essas amostras, o software compara os valores numéricos dos pixels identificados com o restante dos pixels, classificando, assim, a imagem por inteiro. (CRAVEIRO; PAMBOUKIAN, 2015).

As imagens geradas pela classificação proporcionam uma distinção mais acentuada entre uma classe e outra do que a combinação de bandas e viabilizam o cálculo das áreas pertencentes a cada classe, assim como a porcentagem de cada uma sobre uma dada região.

2.13. Semi Automatic Classification Plugin (SCP)

Existem muitos *plugins* para o QGIS contendo ferramentas voltadas a determinados objetivos que compreendem desde a edição de tabelas até a Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto. O *Semi Automatic Classification Plugin* (SCP) foi o *plugin* mais utilizado neste estudo. Nele, pode ser feito o download de imagens dos satélites *Land Satellite* (*Landsat*) e *Sentinel*, o processamento de imagens, a classificação e os cálculos matriciais pós classificação.

2.14. Censo do IBGE

No site do IBGE estão disponíveis tabelas do Excel com as informações dos Censos Demográficos realizados no Brasil desde 1991. Esses levantamentos foram feitos dividindo unidades territoriais conhecidas como “setores censitários” que abrigam aproximadamente 1000 famílias. Cada setor censitário possui um código ID que permite a união dos dados das tabelas com as feições correspondentes às unidades territoriais representadas em mapas também disponibilizados pelo IBGE.

3. METODOLOGIA

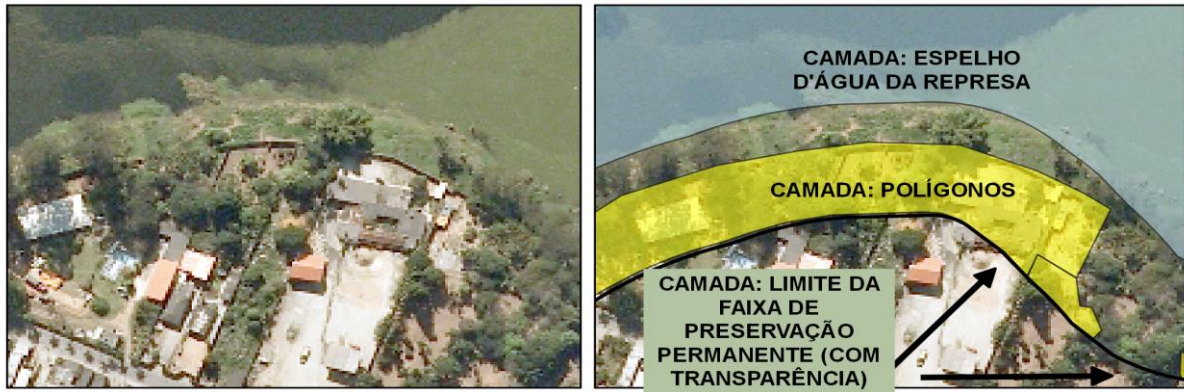
Com intuito de facilitar a compreensão da metodologia, a seguir tem-se uma listagem das principais informações espaciais inseridas no QGIS durante a elaboração do trabalho:

- levantamento Planialtimétrico de 1980 da EMPLASA, com curvas de nível de 5 em 5 m;
- imagem de satélite da região de 2007 da EMPLASA, com resolução de 60cm;
- imagem de satélite da região de 2011 da EMPLASA, com resolução de 1m;
- limite da Sub-bacia Hidrográfica Cotia-Guapiranga obtido por download no DataGeo – Sistema Ambiental Paulista da Secretaria do Meio Ambiente;
- tabelas de Dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010;
- camada vetorial dos Setores Censitários do Censo Demográfico do IBGE de 2010;
- imagens de SR dos satélites LandSat 5, 7 e 8 entre os anos de 2000 e 2015;

A Faixa de Preservação Permanente definida no decreto nº 51.686/2007 pode ser obtida projetando a largura de 50 m, horizontalmente, a partir do contorno da represa em seu nível máximo operacional (cota 736,62 m). Para representar o espelho d'água da represa nessa cota foi criada e desenhada no QGIS uma camada vetorial sobre o estudo planialtimétrico e a imagem de satélite de 2011. Posteriormente, por meio da ferramenta *buffers*, foi possível projetar a faixa de 50 m sobre o contorno da represa, gerando, dessa maneira, uma nova camada vetorial que define a Faixa de Preservação Permanente.

A fim de identificar as regiões não preservadas dentro desta faixa, as camadas criadas foram sobrepostas sobre a imagem de satélite de 2007. Em seguida, foram traçadas feições sobre as áreas que apresentavam uso do solo fora do que é admitido por lei. Foi realizado o mesmo procedimento para a imagem de satélite de 2011, como mostra a Imagem 1. A conclusão desta etapa permitiu calcular e somar as áreas das feições para cada ano, com o propósito de comparar o crescimento das áreas de infração da lei estadual nº 12.233.

Imagem 1 – Representação das camadas sobrepostas para desenho das feições



Fonte: O autor, por meio de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2007)

Adiante, foram obtidas, por meio de download, as bandas de imagens de SR entre 2000 e 2015 para realização da classificação supervisionada. Em consequência do grau de cobertura de nuvens, do comprometimento da qualidade das imagens devido a problemas em sensores e das datas de lançamento dos satélites foi necessário trabalhar com imagens de três satélites: os LandSat 5, 7 e 8.

A classificação supervisionada no SCP é feita em três etapas principais: o pré-processamento, a classificação e o pós-processamento de imagens.

As opções de pré-processamento disponíveis no *plugin* foram definidas para cada uma das bandas e possibilitaram recorte, melhoria da resolução de 30 m para 15 m, correção atmosférica e conversão de radiância para reflectância. Ao finalizar estas tarefas, foram feitos os mosaicos de bandas (cenas) de cada imagem utilizando as bandas de 1 a 7 dos *LandSat* 5 e 7 e de 2 a 7 do *LandSat* 8 e posteriormente elaborados os mosaicos (união) de cenas com objetivo de abranger toda a região da Sub-bacia Hidrográfica Cotia-Guarapiranga que localiza-se na intersecção de duas imagens de SR.

Dessa forma, foi possível iniciar a classificação supervisionada que envolve a definição das ROIs, criação do gráfico de assinaturas e visualizações prévias.

Para cada imagem foram criadas entre 100 e 200 ROIs distribuídas em três classes: água (azul), construção (laranja) e vegetação (verde). O *plugin* gera um gráfico de assinaturas espectrais que guia o usuário quanto a qualidade das amostras obtidas. Também permite realizar visualizações prévias (*preview*) de partes da classificação da imagem para verificar se é necessária a criação ou exclusão de ROIs. Quando as visualizações apresentaram coerência com as imagens de SR, é gerada uma camada matricial (GeoTiff) com a classificação da imagem completa.

Para confirmar a qualidade de algumas classificações que pareciam incoerentes foram aplicadas as ferramentas de pós-processamento. O SCP, através da geração de amostras aleatórias, fornece uma planilha chamada matriz de confusão na qual são apresentados os

valores de confusão (erros de classificação das amostras) para cada classe e a porcentagem de acurácia da classificação analisada. Os valores exibidos foram utilizados para calcular o coeficiente *Kappa* que “quantifica a concordância entre a escolha de amostras realizada pelo observador e a escolha feita de forma aleatória” (ARAÚJO, 2015). Ele dispõe de uma escala onde se pode analisar se classificação teve uma força de concordância entre pobre e quase perfeita.

Com relação ao estudo da densidade de domicílios e das principais atividades de saneamento básico dentro da bacia hidrográfica foi feito o *download* de dados do Censo Demográfico de 2010 como número de domicílios e sistemas de coleta de lixo e esgoto, dos setores censitários referentes aos municípios parcialmente inseridos dentro dela. Estas tabelas foram convertidas, reorganizadas e importadas para dentro da tabela de atributos de uma camada vetorial georreferenciada de setores censitários, também acessada no site do IBGE.

Alterando as opções de visualização dos atributos da camada feita com os dados do Censo de 2010 e utilizando a ferramenta “Compositor de Impressão” tanto para esta camada quanto para as outras imagens geradas durante a pesquisa foi possível elaborar mapas temáticos com escalas, legendas, títulos e coordenadas.

Desse modo, os mapas e imagens criados permitem a concepção de análises sobre a situação do uso e ocupação do solo na Área Manancial da Represa Guarapiranga.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do solo na região da Represa Guarapiranga foi analisado de acordo com a viabilidade de cada metodologia utilizada. A sobreposição e edição de camadas permitiram analisar a situação de forma precisa dentro das APPs, a classificação supervisionada possibilitou expandir as observações para a região da Sub-Bacia Hidrográfica Cotia-Guarapiranga e as ferramentas de criação de mapas temáticos proporcionaram o estudo da situação de fatores que podem contaminar direta ou indiretamente às águas da bacia. Dessa forma, os resultados dessa seção são apresentados de acordo com esta ordem.

4.1. Crescimento Urbano nas APP da Represa Guarapiranga entre 2007 e 2011

Os Mapas 1 e 2 referentes aos anos 2007 e 2011, respectivamente, representam um recorte dos mapas elaborados para cálculo dos polígonos sobre as áreas que apresentaram solo exposto, ruas, avenidas e edificações localizadas dentro da Faixa de Preservação Permanente. Nas duas imagens existem áreas dentro da Faixa em que o uso do solo não condiz com o que é admitido pela Lei Estadual nº 12.233.

Realizando os cálculos dessas áreas foi possível concluir que as áreas de uso inadequado do solo cresceram em 20,86 % entre 2007 e 2011, 3,20 % em relação a área total compreendida pela Faixa. Observando as imagens nota-se a intervenção humana através dos solos expostos, enquanto o número de edificações permaneceu estável, o que pode representar maior eficiência da fiscalização no último caso. A maior alteração encontrada foi construção da ponte Guarapiranga do Rodoanel Trecho Sul, construída em 2010.

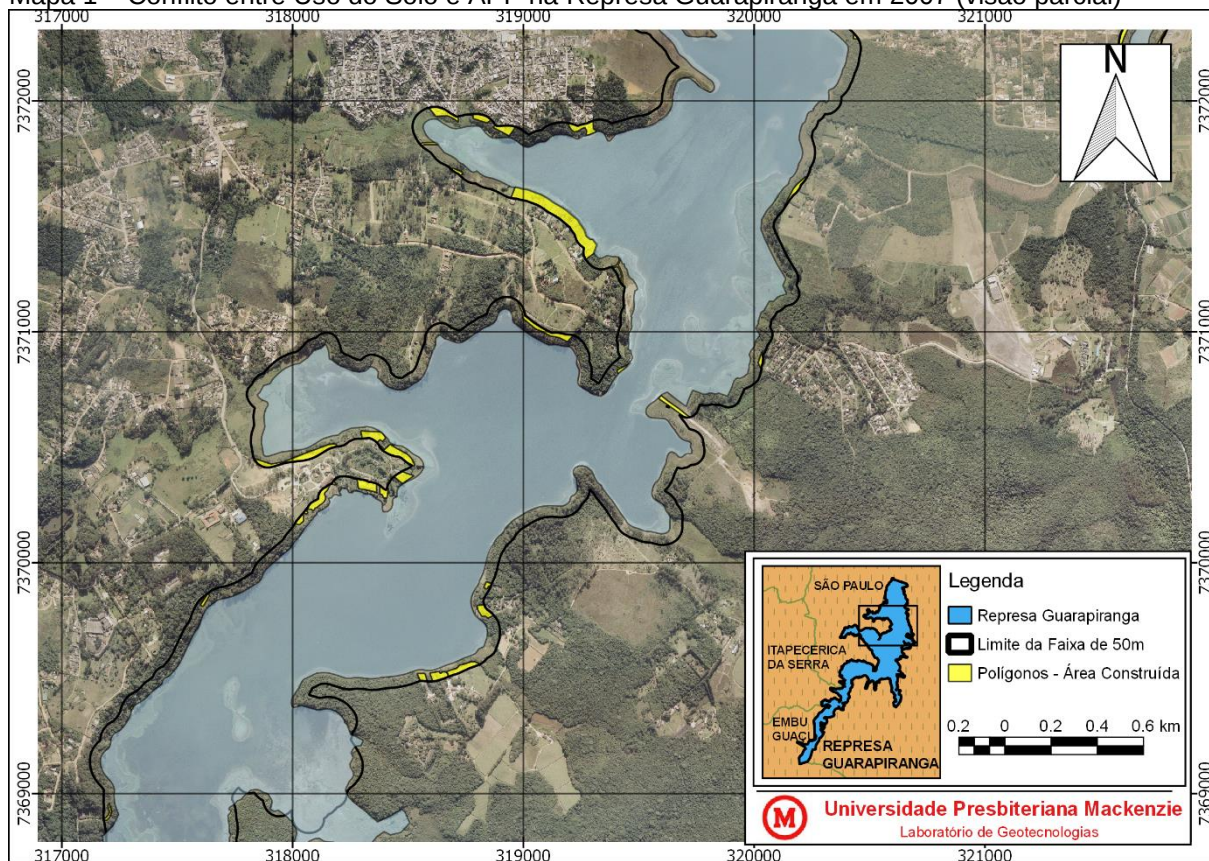
4.2. Aumento do Uso e Ocupação do Solo na Sub-bacia Cotia-Guarapiranga entre 2000 e 2015

As classificações de imagens que apresentaram melhor coerência visual em relação às imagens SR foram as dos anos de 2000, 2007, 2011 e 2015, que permitiram a elaboração do Mapa 3. Nele é demonstrado que há expansão urbana em toda a área da Sub-bacia Cotia-Guarapiranga e evidência o processo de conurbação, principalmente em 2015. À sudeste das imagens de 2011 e 2015 também aparece o Rodoanel Trecho Sul com certo crescimento urbano ao seu redor. O que pode indicar que a região merece atenção dos órgãos gestores por apresentar um potencial para o crescimento urbano.

4.3. Domicílios na Sub-bacia Cotia-Guarapiranga segundo o Censo Demográfico de 2010

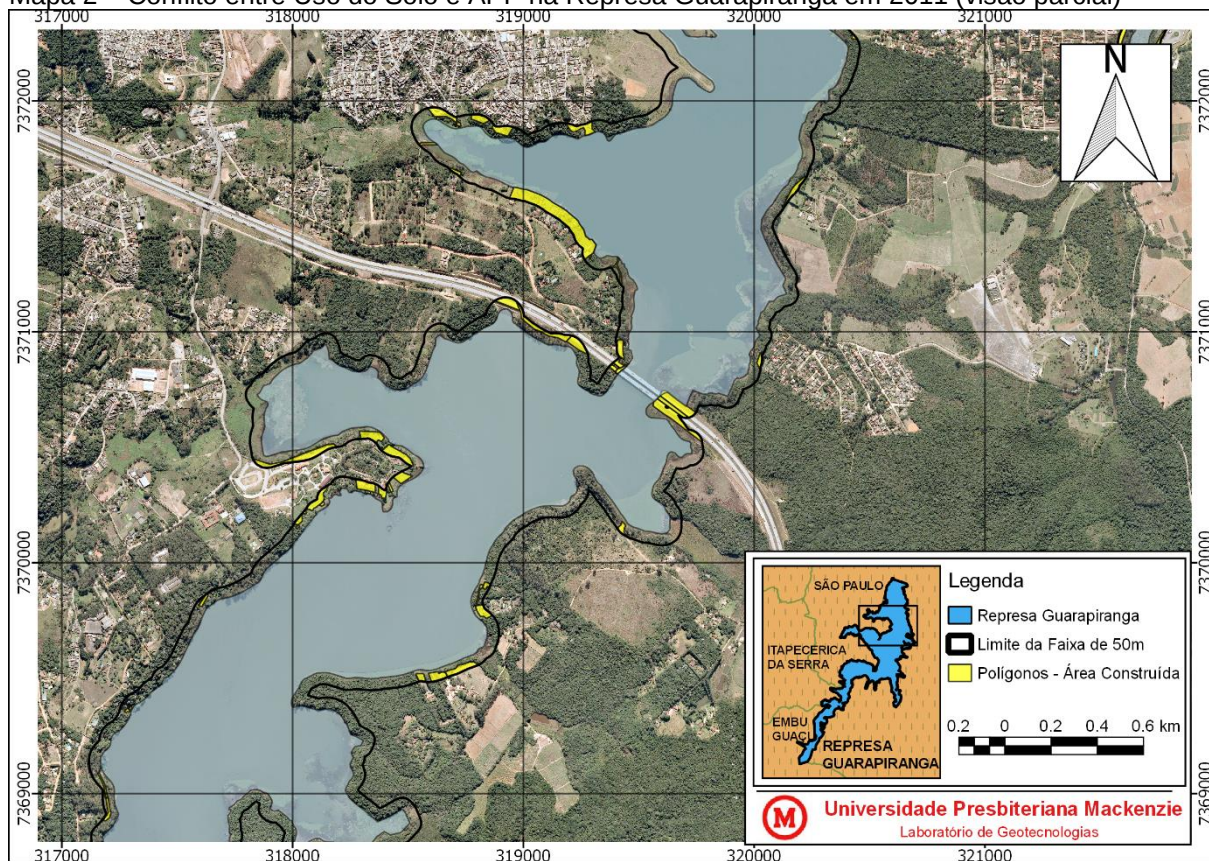
O Mapa 4 mostra que a Área Manancial da Represa Guarapiranga encontra-se densamente ocupada, especialmente nas regiões entre o Parque Estadual Guarapiranga e a Represa, na zona Sudoeste da cidade, onde localizam-se bairros de população de baixa renda como, por exemplo, Vila Gilda, Jardim Aracati e Cidade Ipava, e do outro lado da represa na extensão da Av. Atlântica, localizada a cerca de 58 m da represa em alguns pontos, segundo medição feita pelo autor na plataforma DataGeo SMA, onde existem bairros nobres como Interlagos. A variedade de classes sociais que ocupam esse manancial também pôde ser vista durante elaboração dos Mapas 1 e 2, percebeu-se tanto a existência de mansões quanto de barracos na região.

Mapa 1 – Conflito entre Uso do Solo e APP na Represa Guarapiranga em 2007 (visão parcial)



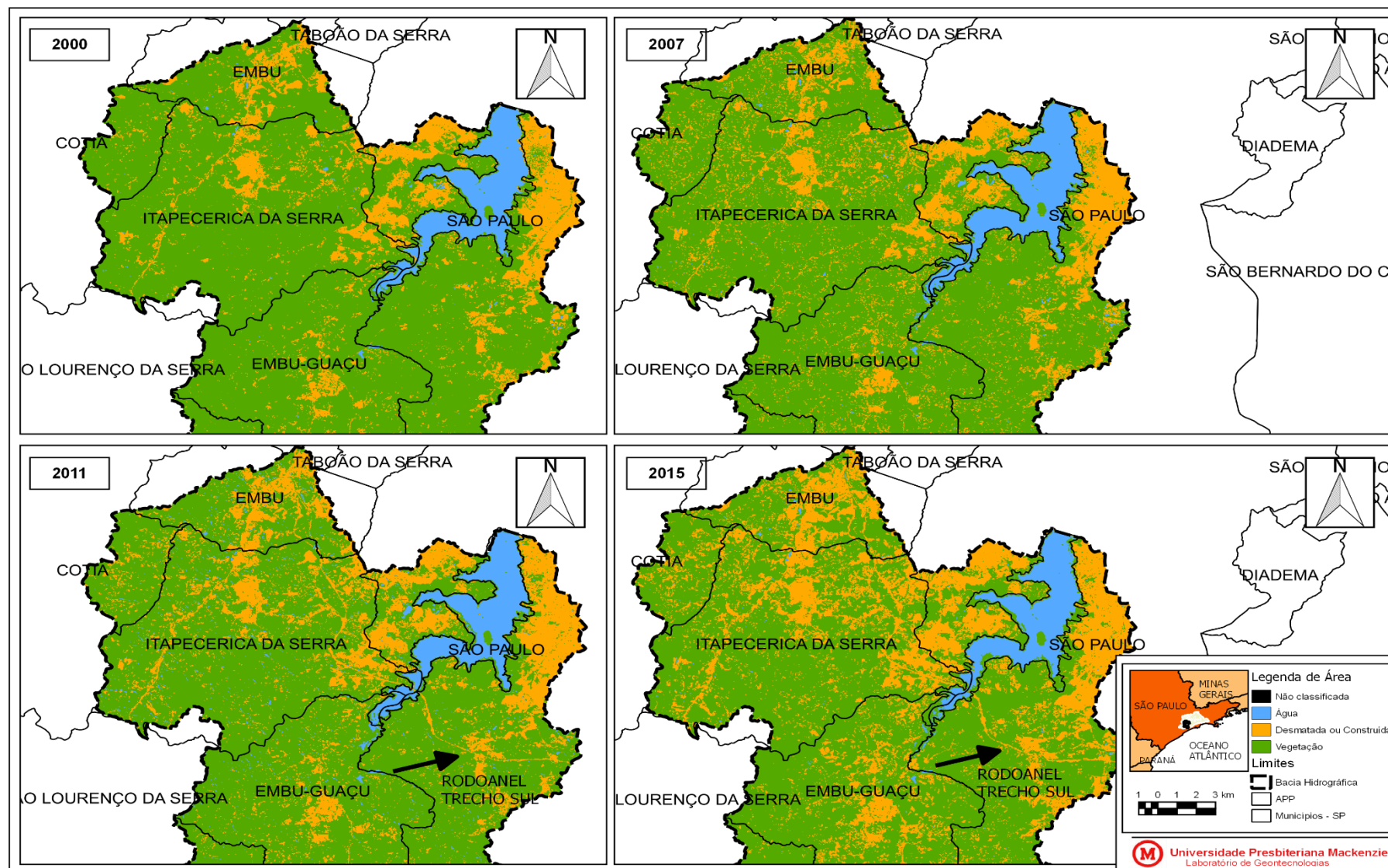
Fonte: O autor, por meio de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2007)

Mapa 2 – Conflito entre Uso do Solo e APP na Represa Guarapiranga em 2011 (visão parcial)



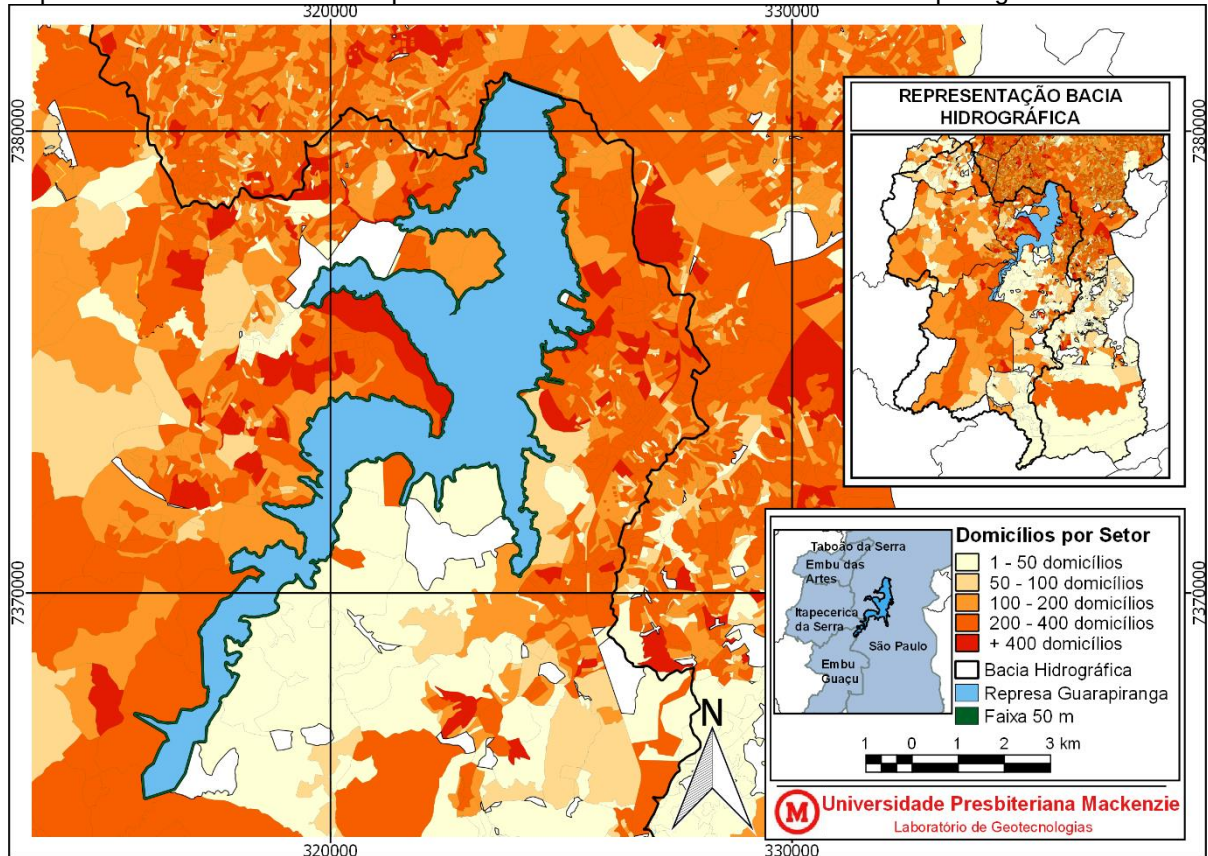
Fonte: O autor, por meio de imagens da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (2011)

Mapa 3 – Uso do Solo na Bacia Hidrográfica da Represa Guarapiranga em 2002, 2007, 2001 e 2015



Fonte: O autor, a partir de imagens de SR dos LandSat 5,7 e 8 (2015)

Mapa 4 – Número de Domicílios por setor censitário na Sub-bacia Cotia-Guarapiranga



Fonte: O autor, segundo dados do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011)

4.4. Tipos de Esgotamento Sanitário e Coleta de Lixo na Sub-bacia Cotia-Guarapiranga segundo o IBGE em 2010

A água, por possuir variadas utilidades, pode ser motivo de intensos conflitos envolvendo critérios ambientais e político-administrativos. O processo de ocupação do território de forma desordenada, o despejo *in-natura* dos esgotos nos rios e represas, a priorização do uso das águas para geração de energia são alguns dos fatores que interferem na disponibilidade de água para o consumo pela população e indústrias (ALVIM, 2007).

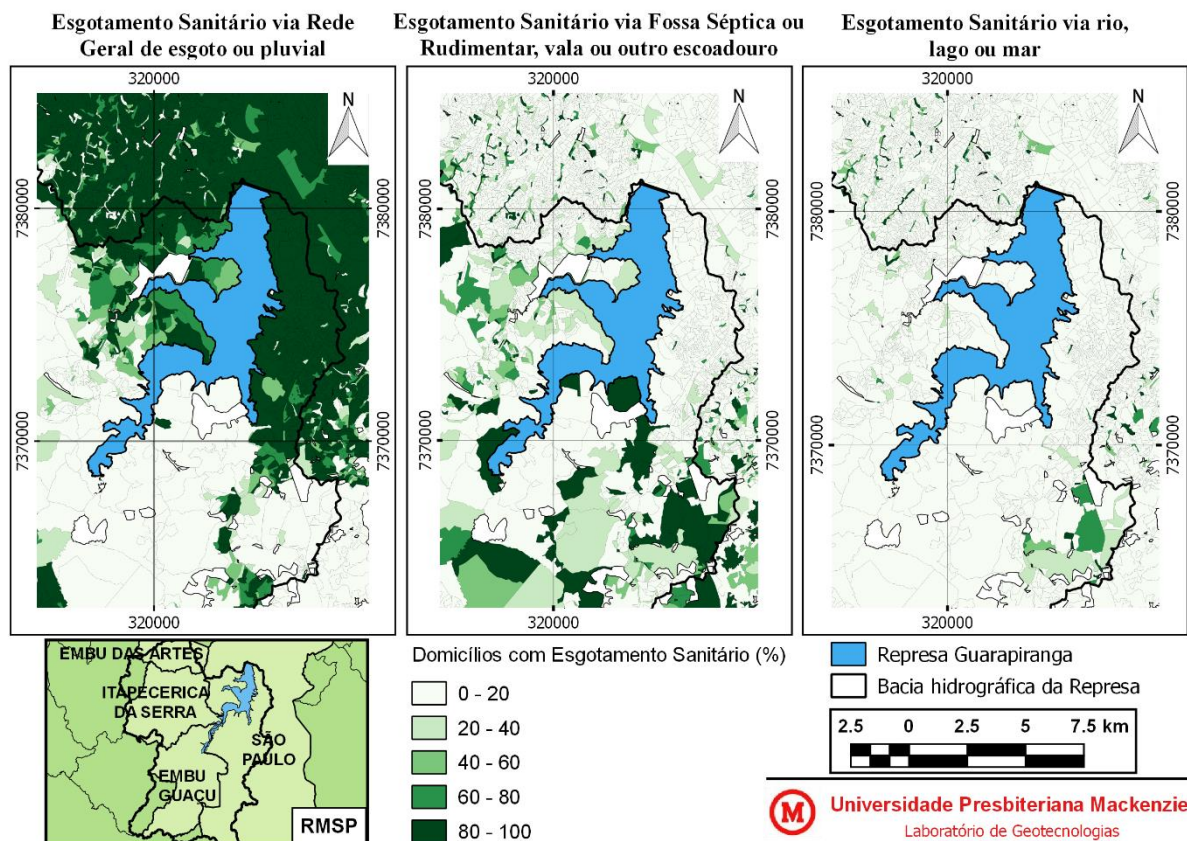
De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo (2008), a média anual do IAP em 2007 variou entre péssima, ruim, regular e boa nos pontos de amostragem do Sistema Cotia-Guarapiranga e a média anual do IQA variou entre regular e boa, exceto por um ponto de amostragem que apresentou média anual classificada como ruim.

Para analisar se o entorno da represa apresenta tipos de esgotamento que podem prejudicar a disponibilidade de água e interferir no IQA foi elaborado o Mapa 5. Com base nas três situações representadas no mapa, se pode notar que a porcentagem de esgotamento

que vai diretamente para rios e lagos da região é baixa, contradizendo o esperado no início deste estudo e consolidando os bons resultados encontrados no IQA.

Analisando toda a região da Sub-bacia Cotia-Guarapiranga nota-se que o município de São Paulo demonstra maior eficiência em relação a coleta de esgoto via rede geral ou pluvial em comparação com os outros municípios parcialmente inseridos nela, estes apresentaram predominância do uso de fossas e valas que quando mal executados podem contaminar o lençol freático.

Mapa 5 – Tipos de Esgotamento Sanitário por Setor Censitário na Sub-bacia Cotia-Guarapiranga



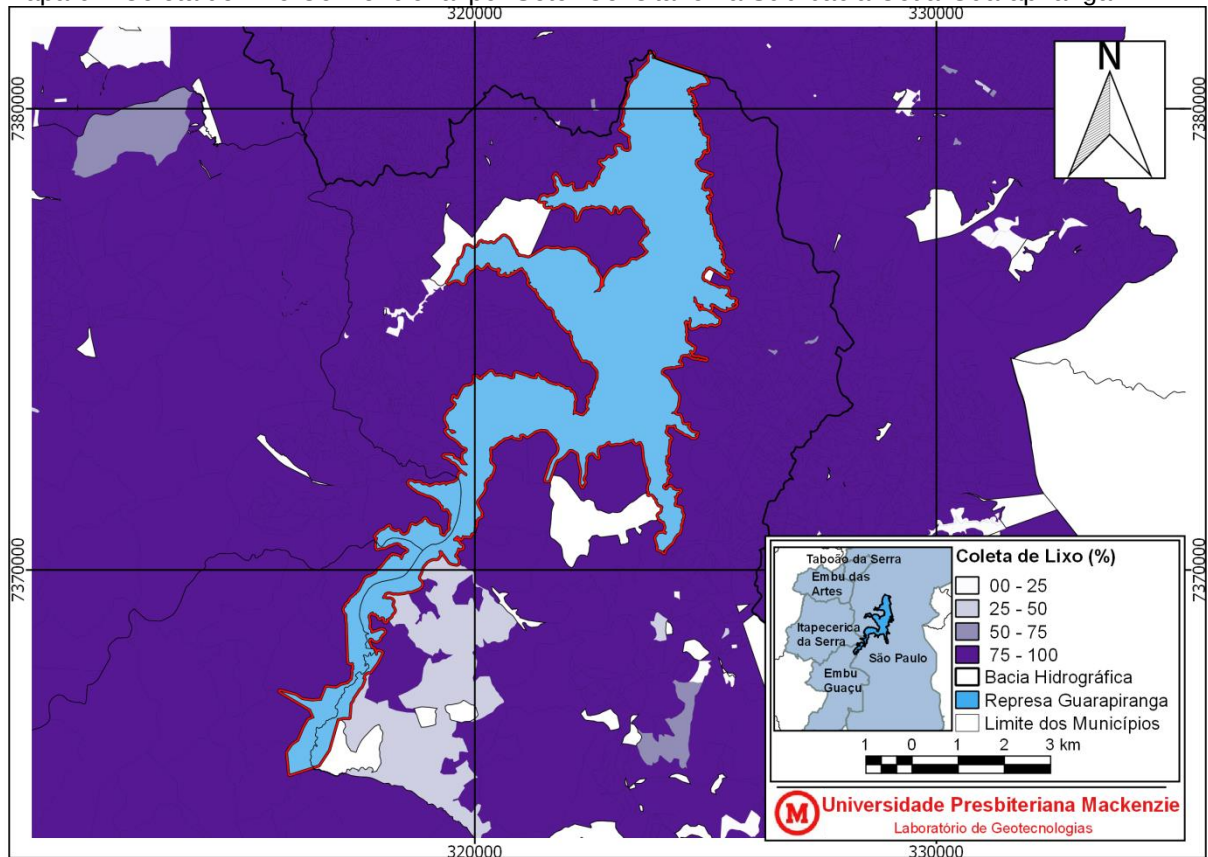
Fonte: O autor, a partir de dados do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011)

Em razão da definição bacia hidrográfica anteriormente apresentada sabe-se que a topografia de uma bacia é favorável ao escoamento de água superficial para os cursos d'água e que essa água, ao entrar em contato e escoar sobre o solo, pode transportar consigo as impurezas contidas nele. Além disso, há a parcela de água e impurezas que infiltra-se no solo e chega a contaminar o lençol freático. Por estas razões, foi gerado o Mapa 6 com a finalidade de analisar de que forma é alocado o lixo na região.

Constata-se que em quase toda a Sub-bacia a coleta de lixo é realizada em mais de 75% dos domicílios pela forma convencional, ou seja, pelo serviço de limpeza oferecido pelos municípios. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011), o lixo que não é

coletado de maneira convencional é queimado ou enterrado na propriedade, vai parar em terrenos baldios ou logradouros, é jogado em rios e lagos ou tem outros destinos.

Mapa 6 – Coleta de Lixo Convencional por Setor Censitário na Sub-bacia Cotia-Guarapiranga



Fonte: O autor, segundo dados do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011)

Nos mapas temáticos baseados em dados do IBGE há alguns setores em branco, isso ocorre porque esses setores pertencem a parques, áreas preservadas ou instituições públicas que não apresentam os tipos de dados utilizados nesse estudo. A noroeste das margens da represa, por exemplo, encontra-se o Parque Ecológico Guarapiranga e ao sul, ainda no município de São Paulo tem-se o Solo Sagrado de Guarapiranga envolto por reserva florestal de Mata Atlântica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por dispor de um conjunto de técnicas, o geoprocessamento ampliou as possibilidades de análise da pesquisa, garantindo que a urbanização ao redor da represa fosse estudada de perspectivas distintas. As soluções para os problemas que surgiram em algumas metodologias definidas em projeto foram conquistadas rapidamente diante das alternativas apresentadas pelo SIG. A maior dificuldade encontrada foi a obtenção do contorno da represa em seu nível máximo operacional, que não dependia apenas do software, mas também da disponibilidade de informações e mapas pelas instituições públicas e privadas, alguns arquivos obtidos possuíam as curvas de nível, mas sem legendas e numerações suficientes,

os estudos planialtimétricos de melhor qualidade adquiridos foram os da EMPLASA, entretanto tratam-se de levantamentos realizados há cerca de 30 a 40 anos atrás. Em vista disso, é imprescindível a ampliação de investimentos na área de mapeamento e divulgação de informações espaciais por meio de plataformas online para incentivar e viabilizar estudos como este.

Ademais, o trabalho possibilitou a geração de mapas que mostram que uma área que deveria ser de preservação possui a maioria dos serviços públicos e encontra-se em expansão de áreas desmatadas e construídas. Analisando o histórico da região entende-se que a infraestrutura de saneamento adequada costuma chegar posteriori aos loteamentos, muitas vezes clandestinos, como foi o caso da Vila Nova Palestina em 2013, isso resulta em uma urbanização não planejada, que expande os problemas, inicialmente de saneamento, para outras necessidades de uma cidade como o acesso ao transporte, lazer, saúde, segurança e educação.

A Faixa de Preservação Permanente apresenta-se violada, portanto é necessário que seja mantida intensa fiscalização para que não ocorram maiores danos. Além disso, como observado na pesquisa, essa faixa é estreita e não contempla toda a região necessária a preservação da água para consumo, grande parte da APRM-Guarapiranga encontra-se ocupada e possui regiões propícias a expansão. Como a Sub-bacia Hidrográfica Cotia-Guarapiranga encontra-se entre 7 municípios, estes devem trabalhar conjuntamente para o cumprimento efetivo da Lei Estadual nº 12.233 e das demais leis municipais e federais vigentes.

REFERÊNCIAS

ALVIM, A. A. T. B (Coord.). *Das Políticas Públicas Ambientais e Urbanas às Intervenções: os Casos das Sub-bacias Guarapiranga e Billings no Alto Tietê, Região Metropolitana de São Paulo*. Relatório Técnico. São Paulo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2007.

ANCONA, A. L. *Direito Ambiental, direito de quem? Políticas Públicas do Meio Ambiente na Metrópole Paulista*. São Paulo: FAU/ USP, 2002. 362 p. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2002.

ARAÚJO, M. P. de. *Classificação Supervisionada de Imagens Orbitais com o Semi-Automatic Classification Plugin*. Núcleo de Estudos Ambientais da Universidade Federal do Tocantins. Tocantins, 2015. Disponível em: <<http://qgisbrasil.org/blog/2015/08/18/qgis-classificacao-supervisionada-de-imagens-orbitais-com-o-semi-automatic-classification-plugin/>>. Acesso em: 07 ago. 2016

BRASIL. *Código Florestal*. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 07 ago. 2016

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Relatório de sustentabilidade 2015*. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=93>>. Acesso em: 15 jul. 2016

CRAVEIRO, M. V.; PAMBOUKIAN, S. V. D. *Segmentação e Classificação de Imagens*. In: Congresso Alice Brasil, 5., 2014, São Paulo. Anais... São Paulo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2015.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). *Ortofotos*. São Paulo, 2007. Escala 1: 5.000.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). *Ortofotos*. São Paulo, 2011. Escala 1: 25.000.

GLOBO G1. *Área de proteção ambiental é loteada irregularmente na Zona Sul de SP*. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2016/07/area-de-protecao-ambiental-e-loteada-irregularmente-na-zona-sul-de-sp.html>>. Acesso em: 02 jul. 2016

HELOU, L.C.; SILVA, L.G. *Estudo de Operação do Reservatório Guarapiranga*. Departamento de Água e Esgoto (DAE). São Paulo, 1988. v. 48. n° 151. Disponível em: <file:///C:/Temp/artigo_edicao_151_n_53.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de informações do Censo Demográfico 2010. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 15 jul. 2016

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). *Diagnostico Socioambiental Participativa da Bacia Guarapiranga*. São Paulo: SENAC, 2005. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/13122005.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2015.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL(ISA). São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://site-antigo.socioambiental.org/esp/rodoanel/pgn/otrechosulemananciais.html>>. Acesso 17 jul. 2016

LANDSAT TM 5, 7 e 8: imagem de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000-2015. Fotografias aéreas. Escala 1:100.000. Composição colorida 3, 4 e 5.

LOTURCO, B. *Obras: Ligação Rodoviária*. Revista Técnica. São Paulo, 2007. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rodoanel_M%C3%A1rio_Covas>. Acesso em: 13 jul. 2016

MENESES, P.R. et al. *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 19 jun. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Mananciais*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/mananciais>>. Acesso em: 18 jul. 2016

NADER, R. S.; FAGGIN, C. A. M. *Geoprocessamento aplicado ao Urbanismo: introdução teórica e prática*. Apostila. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2011.

SÁ, E. *Vila Nova Palestina: o maior acampamento paulista*. Disponível em: <<http://www.revistaforum.com.br/2014/07/17/vila-nova-palestina-o-maior-acampamento-paulista/>>. São Paulo, 2014. Acesso em: 16 jul. 2016

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). *Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo de 2007*. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 13 jul. 2016

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. *Caderno Ambiental Guarapiranga*. São Paulo: SMA/CEA, 2008. 80p. Disponível em: <<http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/repositorio/259/documentos/EA.Guarapiranga.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. *Caderno Ambiental Guarapiranga*. São Paulo: Instituto 5 elementos: Educação para Sustentabilidade, 2014.

VEJA. *Pressão Total na Zona Sul*, São Paulo, p. 44-45, mar. 2015.

Contato: carvalhosilvajaqueline@gmail.com e sergio.pamboukian@gmail.com