

SISTEMA DE MONITORAMENTO APLICADO AO USO DO SOLO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPS) NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR

Pâmela da Silva Gaedek¹

Marciel Lohmann²

Rafael Pietroski Galvão³

William Henrique Kurunczi Ferreira⁴

255

Resumo. As APPs se referem às áreas protegidas, coberta ou não por vegetação nativa, sendo respaldadas pelo Código Florestal Brasileiro. Diante da importância destas áreas, o presente trabalho objetivou desenvolver um sistema de monitoramento destas áreas da bacia do Rio Pirapó, com intuito de detectar anualmente as alterações em tais áreas com base em dados do projeto MapBiomias. Para tanto, foram utilizados mapas de uso do solo dos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017, para analisar a evolução da paisagem. Ainda, foram mapeadas as áreas de conflito de uso do solo, especificamente nas APPs. Os resultados mostraram que as áreas de pastagem foram convertidas para cultura anual e pastagem, além de um decréscimo das áreas irregulares na bacia, devido ao aumento em torno de 10% de florestas nas APPs.

Palavras-chave: Legislação Ambiental; MapBiomias; Geoprocessamento; Bacia Hidrográfica; Conservação Ambiental.

MONITORING SYSTEM APPLIED TO THE SOIL USE OF PERMANENT PRESERVATION AREAS (APPS) IN THE PIRAPÓ RIVER BASIN / PR

Abstract. APPs refer to protected areas, whether or not covered by native vegetation, and are supported by the Brazilian Forest Code. In view of the importance of APPs, this study aimed to develop a monitoring system for these areas in the Pirapó River basin, with the aim of detecting changes in such areas annually based on data from the MapBiomias project. For this purpose, land use maps of the years 1987, 1997, 2007 and 2017 were used to analyze the evolution of the landscape. In addition, land use conflict areas were mapped, specifically in the APPs. The results showed that pasture areas were converted to annual crop and pasture, in addition to a decrease in irregular areas in the basin, due to an increase of around 10% in forests in APPs.

¹ Discente em Geografia, Universidade Estadual de Londrina. E-mail: pamelagaedke@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0925-6972>

² Professor Adjunto do Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina. E-mail: marciel@uel.br. <https://orcid.org/0000-0001-9243-5412>

³ Discente em Geografia, Universidade Estadual de Londrina. E-mail: rafaelpietroskigalvao@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3061-9782>

⁴ Discente em Geografia, Universidade Estadual de Londrina. E-mail: william_kferreira@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0777-1815>

Keywords: Environmental Legislation; MapBiomias; Geoprocessing; Hydrographic basin; Environmental Conservation.

SISTEMA DE SEGUIMIENTO APLICADO AL USO DEL SUELO DE ÁREAS DE PRESERVACIÓN PERMANENTE (APPS) EN LA CUENCA DEL RÍO PIRAPÓ / PR

Resumen. Las APP se refieren a áreas protegidas, estén o no cubiertas por vegetación nativa, y están respaldadas por el Código Forestal Brasileño. Dada la importancia de las APP, este estudio tuvo como objetivo desarrollar un sistema de seguimiento de estas áreas de la cuenca del río Pirapó, con el objetivo de detectar anualmente cambios en dichas áreas a partir de los datos del proyecto MapBiomias. Para ello, se utilizaron mapas de uso del suelo de los años 1987, 1997, 2007 y 2017 para analizar la evolución del paisaje. Además, se mapearon áreas de conflicto de uso del suelo, específicamente en las APP. Los resultados mostraron que las áreas de pasto se convirtieron en cultivos y pastos anuales, además de una disminución en las áreas irregulares en la cuenca, debido a un aumento de alrededor del 10% en los bosques en las APP.

Palabras clave: Legislación ambiental; MapBiomias; Geoprosesamiento; Cuenca hidrográfica; Conservación del medio ambiente.

Introdução

Levando em consideração o desenvolvimento da sociedade, o espaço geográfico se modifica e evoluiu em um ritmo constante, gerando na maioria dos casos a degradação ambiental, que de acordo com Sánchez (2006), são processos sempre causados pelo ser humano, tendo em vista que processos naturais não degradam ambientes, apenas causam mudanças. Tal definição, também pode ser encontrada na Lei da Política Nacional de Meio Ambiente, que define a degradação ambiental como “alteração adversa das características do meio ambiente” (art. 3º, inciso II), definição suficiente para concluir que a ocupação territorial causa degradação ambiental.

Neste sentido, tal problemática é ainda intensificada quando se dá em áreas destinadas a preservação permanente, pois as mesmas possuem diversas funções ambientais, entre as quais estão a proteção dos corpos hídricos, impedindo que ocorra assoreamento dos rios, conservando o regime hidrológico, entre outras. As áreas responsáveis por estas funções são denominadas de Áreas de Preservação Permanente (APP).

Além disso, as APPs impedem que ocorra a perda de solo, principalmente em áreas agrícolas, tornando o solo infértil, já que a camada superior do solo é responsável por

concentrar maior quantidade de matéria orgânica. Assim, a vegetação possui papel importante na infiltração das águas, impedindo o surgimento de feições erosivas durante o escoamento pluvial (NARDINI et al., 2014, FERRARI et al., 2015).

Na medida em que as áreas que deveriam ser destinadas a proteção e preservação, são substituídas por outros usos, como pastagens, plantações, solo exposto, entre outras que não a vegetação nativa, surgem conflitos de uso do solo.

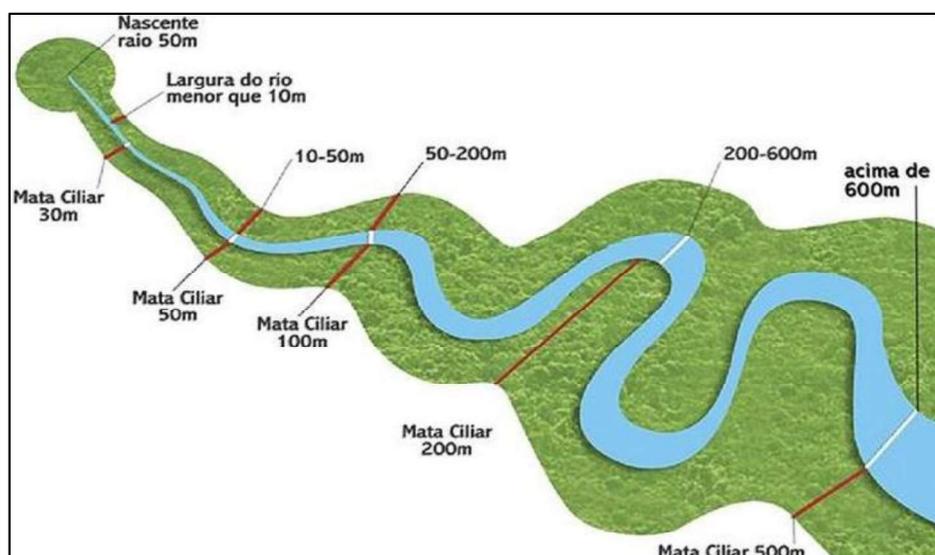
Nessa perspectiva, Silva et al. (2011), mostram que as APPs reduzem eventos ligados aos deslizamentos, enxurradas e escorregamentos de massas, tanto em áreas rurais como urbanas. Ainda, proporcionam o cumprimento das funções ambientais das áreas cobertas por vegetação ao evitarem intervenções antrópicas, na medida em que o uso do solo sofre a influência do homem e seus diferentes manejos, especialmente em paisagens agrícolas, onde as áreas protegidas funcionam como quebra-ventos e evitam a dispersão de agroquímicos. Em ambientes urbanos, as APPs prestam serviços no sentido da amenização de enchentes e movimentos de massas, sendo de supra importância que as prefeituras produzam dados e informações com o intuito de planejar e executar políticas que visem a sinalização, proteção, conservação e recuperação das APPs degradadas (BITTENCOURT et al., 2018).

Levando em consideração as ideias apresentadas, torna-se primordial definir e conservar as APPs, que segundo o Código Florestal Brasileiro são protegidas por lei e com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, proteger o solo e a paisagem. Portanto, sua legislação é essencial no Brasil e no mundo, ao introduzir o conceito de florestas protetoras, onde a área protegida facilita o fluxo gênico de fauna e flora, assegura o bem-estar das populações humanas e preserva a biodiversidade e a estabilidade geológica (BRASIL, 2012). Ainda, a legislação ambiental brasileira, ao exigir APPs em todos os imóveis rurais, constitui-se em um dos principais instrumentos balizadores para garantir o equilíbrio entre o respeito à natureza e o desenvolvimento agroindustrial (ALARCON et al., 2009; SPAROVEK et al., 2011; BORGES; REZENDE, 2011).

Tendo em vista as diversas funções ambientais das áreas de APPs, no tocante à proteção dos recursos hídricos, o Código Florestal Brasileiro (2012) também estabelece a

necessidade de mata ciliar nas margens dos corpos d'água, com dimensões relacionadas diretamente com a largura dos rios, algo melhor visualizado por meio da Figura 1.

Figura 1. Limite das áreas de APPs.



Fonte: MMA (2019).

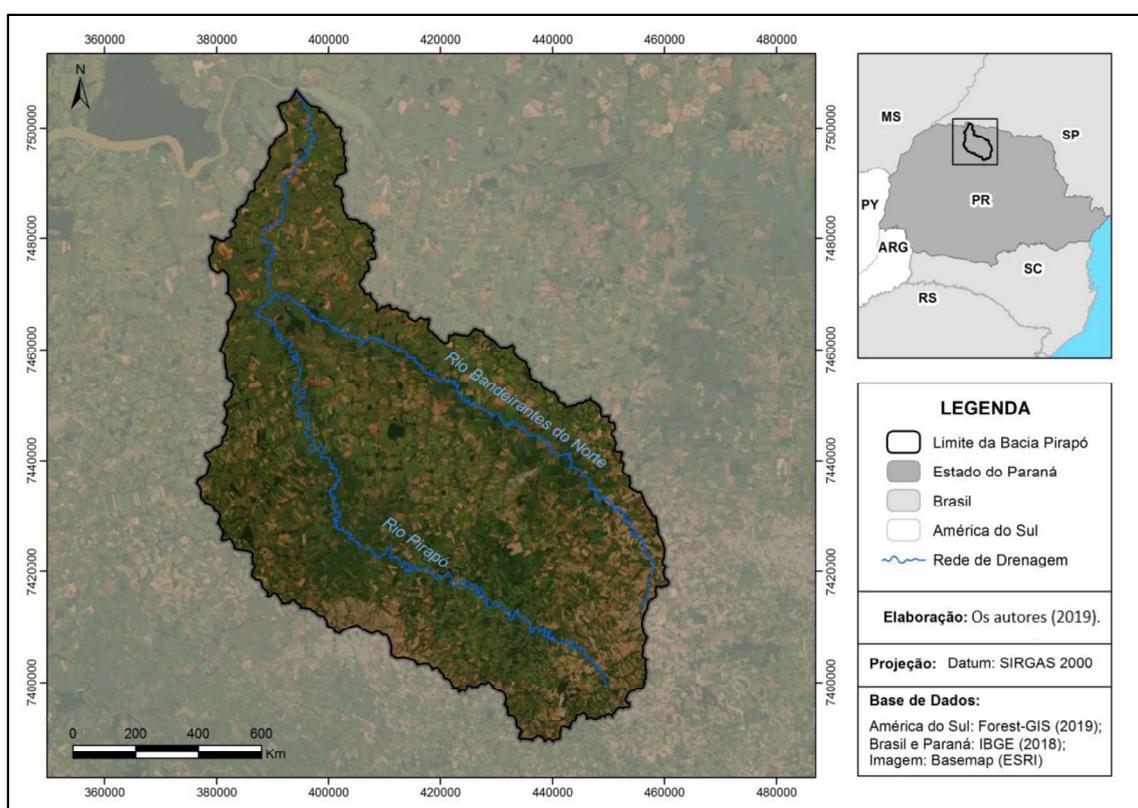
Diante desse contexto, o uso do sensoriamento remoto, com a utilização de imagens orbitais, associado a técnicas de geoprocessamento por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) mostram-se eficientes para detectar mudanças no uso e cobertura da terra, bem como as alterações provocadas nas paisagens em um determinado local em escala temporal, além do monitoramento orbital, possibilitando diagnosticar alterações antrópicas e naturais na paisagem (CUNHA et al., 2012). Assim, os SIGs assumem um papel fundamental na medida em que se torna possível a manipulação e quantificação de dados, oferecendo um conjunto de ferramentas que automatizam processos, viabilizando a aplicação das legislações brasileiras no que tange o caráter ambiental (RIBEIRO et al., 2005; OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA & FILHO, 2013; ANTUNES et al., 2016).

Levando em consideração a importância das bacias hidrográficas para a gestão e ordenamento territorial, foi escolhido para este estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó (BHRP), que se localiza na porção norte do Estado do Paraná (Figura 2), onde sua foz desemboca no Rio Paranapanema que faz divisa entre Paraná e São Paulo. A bacia

abrange um total de trinta e cinco municípios, onde 56,58% destes estão inseridos na bacia, com uma população total de 1.011.462 habitantes, de acordo com o Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010.

A BHRP tem importância ambiental significativa, já que está inserida em uma das áreas mais densamente povoadas do Estado do Paraná e, além disso, é responsável pelo abastecimento da cidade de Maringá, que possui população estimada para 2019 de 423.666 mil habitantes (IBGE, 2019; RIGON e PASSOS, 2014, p. 38).

Figura 2. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó – PR.



Fonte: os Autores, 2019.

Mediante a importância apresentada pela BHRP, a proposta de um sistema de monitoramento das áreas de APPs torna-se primordial para a manutenção da qualidade ambiental e produção de água (preservação de área de manancial) para o abastecimento público da cidade de Maringá. Sabe-se que tal iniciativa torna-se inovadora no Estado do Paraná, já que o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), vinculado atualmente a Secretária de Desenvolvimento Sustentável e Turismo, que é oficialmente

o órgão responsável pelo monitoramento e fiscalização ambiental, não possui ferramentas para realizar tais atribuições.

Aliado a tal necessidade, os dados do Projeto de Mapeamento Anual e Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas) são de importância significativa pois permitem a análise e mensuração das mudanças de uso do solo, na medida em que torna possível a obtenção de imagens anuais e para diferentes recortes geográficos, objetivando compreender a dinâmica territorial, a história da ocupação e o desenvolvimento de determinada área.

Assim, o presente trabalho traz como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento das áreas destinadas a preservação permanente da BHRP, com intuito de detectar anualmente as alterações em tais áreas, possibilitando aos gestores públicos, atuar em ações de planejamento e fiscalização das mesmas, na perspectiva da manutenção da qualidade ambiental da bacia.

Tal sistema, ainda como projeto piloto, poderá no futuro, tornar-se uma ferramenta eficiente de monitoramento e fiscalização dentro dos órgãos ambientais do Estado, podendo ser expandida para todo território paranaense e/ou para atender municípios em áreas mais específicas.

Materiais e Métodos

Para a elaboração dos produtos cartográficos, tabelas e gráficos, utilizou-se da base de dados da Agência Nacional das Águas (ANA), inclusive para a obtenção do limite da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó. Quanto à rede hidrográfica, a mesma foi extraída do *shapefile* disponibilizado pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG) que foi recortada para a bacia hidrográfica.

A delimitação das APPs foi realizada por meio da criação de um *buffer* ao redor dos cursos d'água, pautado nos limites retratados no Código Florestal Brasileiro (2012), sendo aplicados para BHRP os seguintes valores: raio de 30 metros de APP em ambas as margens para os cursos d'água com largura inferior a 10 metros; 50 metros de largura para cada margem dos cursos d'água com largura entre 10 a 50 metros; raio de 50 metros para as nascentes.

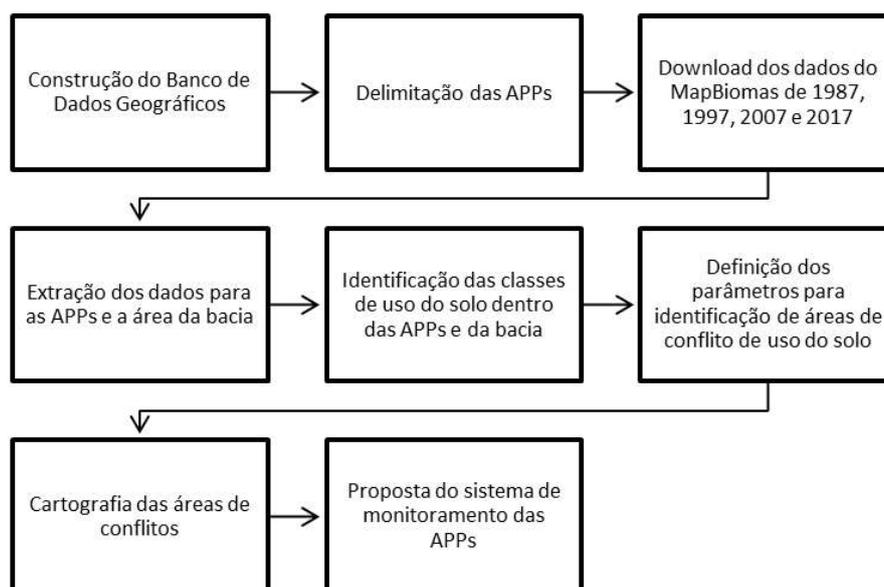
Os dados referentes ao uso e cobertura do solo foram obtidos na plataforma <<https://mapbiomas.org/>> do Projeto MapBiomas (3ª coleção). Tais dados são produzidos a partir das imagens sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do satélite Landsat-8. Esse sensor possui nove bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática (USGS, 2016).

Os anos analisados foram: i) 1987; ii) 1997; iii) 2007 e iv) 2017. Tais datas foram selecionadas para que fosse possível entender a dinâmica de evolução do uso para a bacia em estudo e para as APPs. Tal procedimento poderá ser realizado no sistema de forma anual, ou seja, sempre que houver uma nova imagem sendo disponibilizada na plataforma MapBiomas, se conseguirá obter a comparação com os dados do ano anterior. Assim, a cada ano os gestores públicos terão condições de avaliar quais as áreas que foram desflorestadas, mantidas com o uso do ano anterior, ou mesmo, as áreas que vão sendo recuperadas, sejam de forma natural ou ainda a partir da intervenção do homem.

De posse dos dados de uso e cobertura do solo, os mesmos foram extraídos para a bacia e também para as APPs. Assim, foi possível analisar a evolução do uso e cobertura para as 4 décadas analisadas. Dessa maneira, os resultados encontrados foram melhor apresentados na forma de mapas, gráficos e tabelas.

Em seguida, foram definidos parâmetros para caracterizar as áreas de conflito de uso, onde as áreas de formação florestal e de corpos d'água corresponde a "áreas regulares" e, as demais classes de uso correspondem as "áreas irregulares". As etapas da metodologia podem ser visualizadas no fluxograma da Figura 3.

Figura 3. Fluxograma da metodologia.



Fonte: os Autores, 2019.

Para o processamento das informações e geração dos produtos cartográficos temáticos, foi utilizado o software ArcGIS 10.5, que também foi aplicado para o desenvolvimento do sistema de monitoramento. O mesmo foi construído usando a ferramenta Model Builder, que permite criar modelos a partir de fluxos que unem uma sequência de ferramentas necessariamente presentes no ArcToolbox e base de dados.

O modelo pode ser construído de modo que a sequência de elaboração do *script* automatiza determinada operação dentro desse ambiente. Sendo assim, é possível inserir além dos *shapefiles*, as ferramentas que possibilitam a manipulação por parte do usuário, visando a geração de um produto final que atenda os objetivos traçados.

O sistema de monitoramento pode ser operado a partir da extração dos bancos de dados para determinada área. Nesse caso, faz-se o cruzamento da área de estudo em conjunto com a hidrografia do Estado. Em sequência, utiliza-se os dados disponibilizados pelo MapBiomas em formato *Raster*, havendo a necessidade de convertê-los para polígonos (*Raster to Polygon*), possibilitando a mensuração da área de cada classe.

Adiante, realiza-se um *Dissolve* para o agrupamento das classes que estavam com a mesma nomenclatura e se repetiam. Após isso, adiciona-se um campo (*Add Field*) nomeado como “área” para o cálculo da mesma. Posteriormente, abre-se a Tabela de

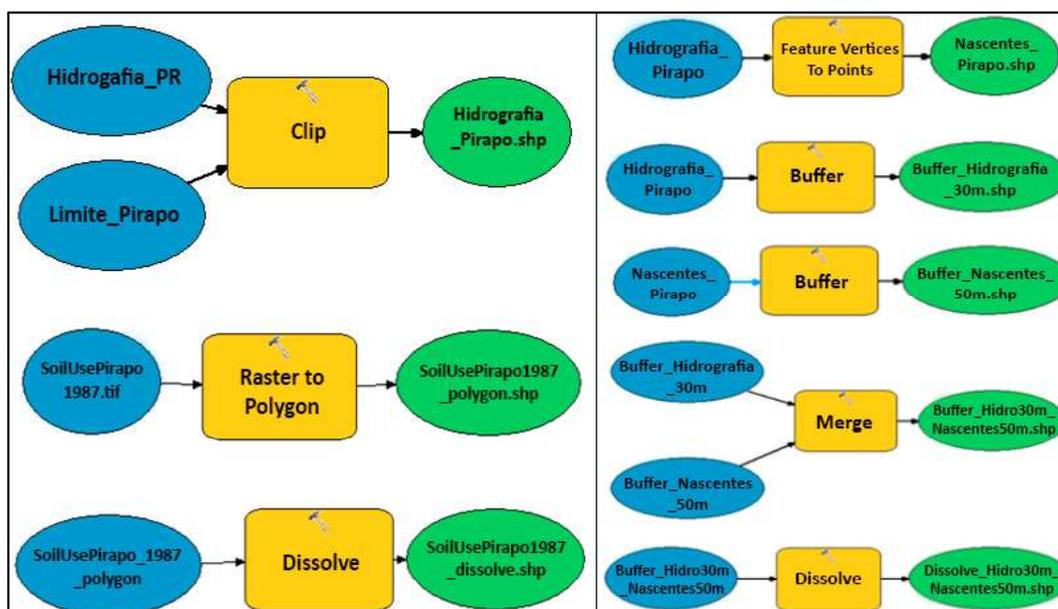
Atributos do *shapefile* e calcula-se a área desse campo por meio da ferramenta *Calculate Geometry* na unidade em km².

A partir do momento em que as imagens de uso do solo foram definidas apenas para a área de estudo, faz-se a delimitação das APPs. Portanto, insere-se o *shapefile* da Hidrografia e por meio da ferramenta *Feature Vertices To Points* cria-se as nascentes da área, deixando a opção *Point Type "Dangle"* selecionada. Em sequência, abre-se a tabela de atributos desse *shapefile* criado e deleta-se o ponto do exutório.

Em sequência, realiza-se os *buffers* de 50 metros para as nascentes, 30 metros para os corpos hídricos menores de 10 metros de largura e de 50 metros para os corpos hídricos com largura entre 10 metros a 50 metros. Após isso, faz-se o *merge* dessas três variáveis e por fim o *dissolve* dos mesmos.

Na medida em que tais comandos são inseridos no *Model Builder* (Figura 4), é possível realizar demais análises apenas substituindo a imagem de origem, ou seja, a imagem mais atual de cada ano gerada pelo MapBiomas e os dados vão sendo atualizados de forma automática.

Figura 4. Exemplo de modelo construído no *Model Builder*.



Fonte: os Autores, 2019.

Resultados e Discussões

SANTOS et al., *Evaluation of Remotely Pilot Aircraft (RPA) as a Subsidy in the Regularization Process of Heritage Areas: Federal Rural University of Rio de Janeiro Historical Buildings, RJ.*

Considerando os procedimentos descritos na metodologia, inicialmente foi realizado uma análise dos dados coletados e processados para a BHRP, objetivando mostrar como se deu a evolução do uso do solo para o período analisado.

Para a bacia em questão, foram identificadas 11 classes de uso do solo, conforme apresenta a Tabela 1 e a Figura 5. As classes mapeadas mais expressivas no ano de 1987 correspondem a Pastagem e Cultura Anual e Perene, com 2.496,07 km² (49,04%) e 1.217,59 km² (23,92%) respectivamente.

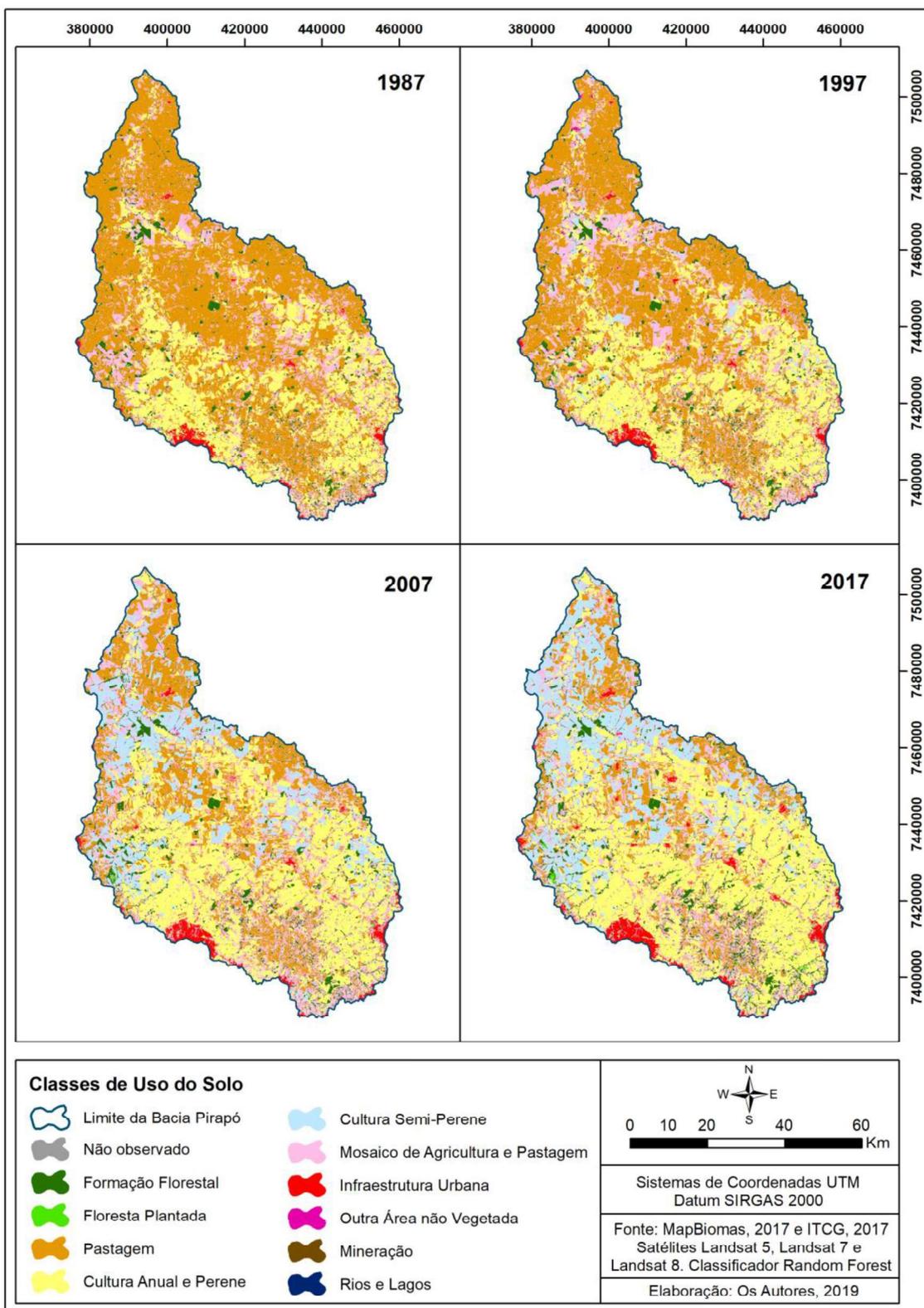
Tabela 1. Classes de uso do solo em 1987, 1997, 2007 e 2017.

Classes	1987	1997	2007	2017
	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²
Não observado	0,02	0,05	0,07	0,03
Formação Florestal	238,20	249,82	306,27	339,67
Floresta Plantada	2,00	2,20	3,27	19,94
Pastagem	2496,07	2022,57	1079,52	679,33
Cultura Anual e Perene	1217,59	1406,08	1674,57	1929,63
Cultura Semi-Perene	3,60	86,84	634,49	860,13
Mosaico de Agricultura e Pastagem	1060,73	1229,19	1284,25	1115,83
Infraestrutura Urbana	63,93	74,80	97,11	136,77
Outra Área não Vegetada	5,57	16,55	8,46	4,96
Mineração	0,00	0,01	0,00	0,03
Rios e Lagos	2,39	2,01	2,09	3,78
Total	5090,10			

Fonte: os Autores, 2019.

Quanto as menores contribuições, a classe de Mineração, Não Observado e Floresta Plantada praticamente não expressaram áreas significativas para serem visíveis na imagem. Tratando de valores numéricos, a classe de Infraestrutura Urbana correspondeu a 63,93 km² (1,26%) e a Formação Florestal com 238,20 km² (4,68%) da área total da bacia de 5.090,10 km².

Figura 5. Uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017.



Fonte: os Autores, 2019.

Apresentando uma diminuição da área no ano de 1997, tem-se a classe de Pastagem que possui 2.022,57 km² (39,74%), seguida pela Cultura Anual e Perene com 1406,08

km² (27,62%) e o Mosaico de Agricultura e Pastagem com 1.229,19 km² (24,15%). Destaca-se o crescimento de Outra Área não Vegetada para 16,55 km², juntamente com a Formação Florestal com uma área de 249,82 km² (4,91%) e a Infraestrutura Urbana com 74,80 km² (1,47%).

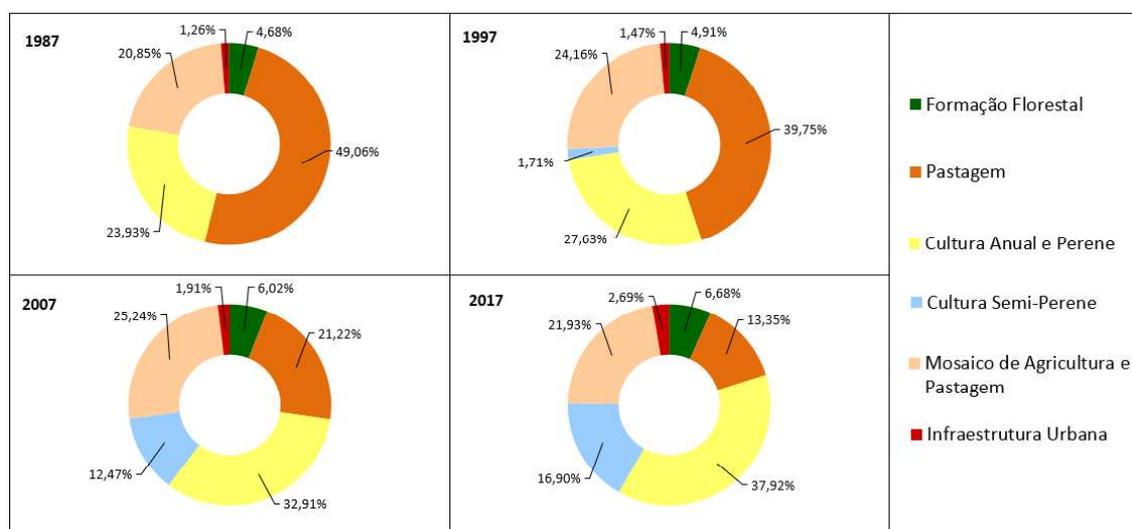
Em 2007, a classe mais expressiva torna-se a Cultura Anual e Perene com uma área de 1.674,57 km² (32,90%), o Mosaico de Agricultura e Pastagem com 1.284,25 km² (25,23%) e a Pastagem com 1.079,52 km² (21,21%). Acompanha-se também o crescimento de 547,65 km² (1,64%) da classe Cultura Semi-Perene, em conjunto com a Infraestrutura Urbana com uma área de 97,11 km² (1,91%) e a Formação Florestal com 306,27 km² (6,02%). A classe Outra Área não Vegetada apresenta nesse ano uma queda para 8,09 km² (0,22%). Referente ao último ano analisado (2017), as classes mais relevantes são a Cultura Anual e Perene, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Cultura Semi-Perene, com uma área de 1.929,63 (37,91%), 1.115,83 km² (21,92%) e 860,13 km² (16,90%), respectivamente. A classe de Infraestrutura Urbana em 2017 apresentou uma área de 136,77 km² (2,69%) e a de Formação Florestal de 339,67 km² (6,67%), ambas em crescimento durante o período analisado. Em contrapartida, a Pastagem apresentou um total de 679,33 km² (13,35%) nesse ano.

Nesse intervalo de 30 anos, as classes que mais tiveram acréscimo de área foram a Cultura Anual e Perene, Cultura Semi-Perene e o Mosaico de Agricultura e Pastagem, totalizando 712,04 km² (13,99%), 856,53 km² (16,83%) e 55,1 km² (1,08%), respectivamente. A classe de Infraestrutura Urbana apresentou uma expansão de 72,84 km² (1,43%), concomitantemente com a Formação Florestal em 101,47 km² (1,99%) e Floresta Plantada em 17,94 km² (0,35%). Evidenciando o maior decréscimo durante a análise, tem-se a classe de Pastagem com uma queda em área de 1.816,74 km² (35,69%), não ocupando mais majoritariamente todas as porções da bacia. Mediante isso, percebe-se a substituição da mesma pela classe de Cultura Semi-Perene, principalmente na porção norte da BHRP.

De modo geral, pode-se afirmar que as áreas anteriormente ocupadas por pastagem ou pasto degradado, foram sendo transformadas em áreas de cultura, principalmente as

monoculturas de soja, milho, trigo e cana de açúcar. Tais dados podem ser visualizados de forma detalhada nos gráficos da Figura 6.

Figura 6. Gráfico ilustrando as porcentagens de cada classe de uso do solo para os anos de 1987, 1997, 2007 e 2017 na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó.

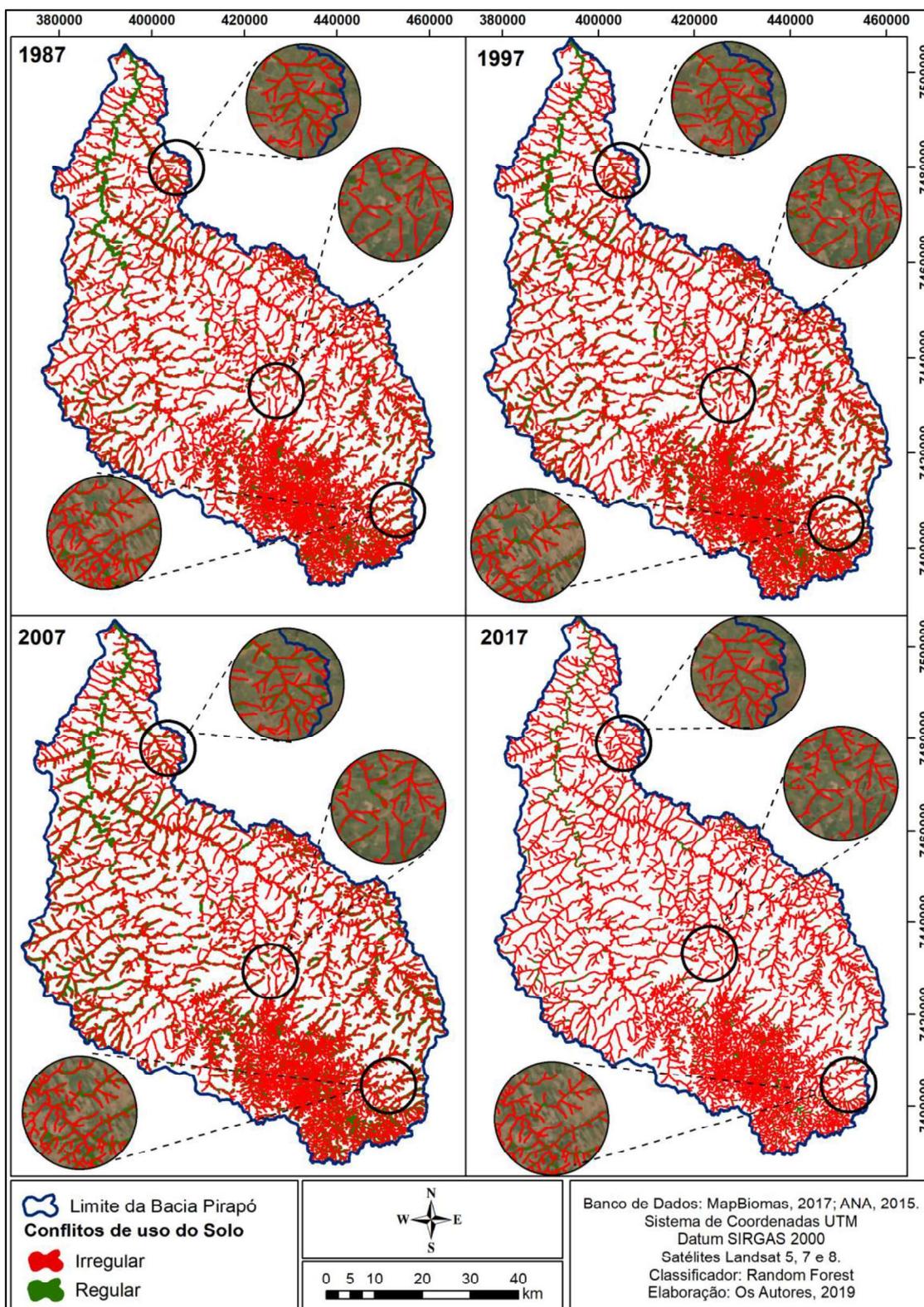


Elaboração: os Autores, 2019.

A partir da discussão da evolução dos usos para a bacia como um todo, partiu-se para a discussão em relação as áreas de conflito de uso, como já descrito na metodologia. A Figura 7 apresenta os mapas com tais áreas espacializadas na bacia, especificamente para as APPs.

Nesse layout (Figura 7) é possível notar as mudanças ocorridas durante o período de análise. De modo geral, observa-se que as áreas irregulares (com ausência ou faixa de dimensões insuficientes de mata ciliar segundo a legislação) predominam em toda a bacia, com exceção da porção do rio principal próximo a sua foz, em que o uso é regular, ou seja, com área florestada. No entanto, tal característica não garante melhor qualidade da água, já que a foz da bacia é responsável pela saída de energia e matéria que é adquirida desde a montante até a jusante.

Figura 7. Mapa ilustrando as áreas de conflitos de uso do solo para os anos de 1987, 1997, 2007 e 2017.



Fonte: os Autores, 2019.

Nota-se que grande parte das nascentes, assim como dos cursos de primeira, segunda e terceira ordem, desde 1987 até 2017, encontram-se ocupadas com usos que não são de

SANTOS et al., *Evaluation of Remotely Pilot Aircraft (RPA) as a Subsidy in the Regularization Process of Heritage Areas: Federal Rural University of Rio de Janeiro Historical Buildings, RJ.*

floresta e sim, de pastagem ou de agricultura. Tal fato, mostra que programas de recuperação da vegetação ciliar devem ser implementados, de forma a mitigar os impactos já gerados em função desta situação. Parcerias com a EMATER, IAPAR e as secretarias de agricultura e meio ambiente dos municípios que compõem a bacia, podem ser estratégias interessantes para atendimento dos agricultores que possuem suas terras em áreas de preservação permanente, objetivando a recuperação das mesmas.

É possível ainda verificar que a porção centro-leste da bacia apresentou um aumento significativo de áreas regulares, principalmente de 1997 para 2017. Já a porção centro-oeste, concentra a menor mudança no que se refere as áreas irregulares, ou seja, elas permanecem irregulares desde 1987, mostrando que a ocupação do território se deu com a retirada da vegetação nativa, até mesmo das APPs, desrespeitando o Código Florestal vigente na época. Observa-se também, que tal dinâmica não ocorreu apenas na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó em específico, mas em todo o norte paranaense, iniciado com a derrubada da vegetação para a implantação da cultura cafeeira, posteriormente substituída pela cultura da soja, a partir de 1976.

De toda forma, é importante salientar, que os dados mostram que houve um acréscimo de áreas que ao longo das 3 décadas analisadas se tornaram regulares, mostrando que em pequenas porções as APPs foram sendo recuperadas. Tal particularidade pode ser observada nas áreas destacadas (zoom) nos mapas da Figura 7.

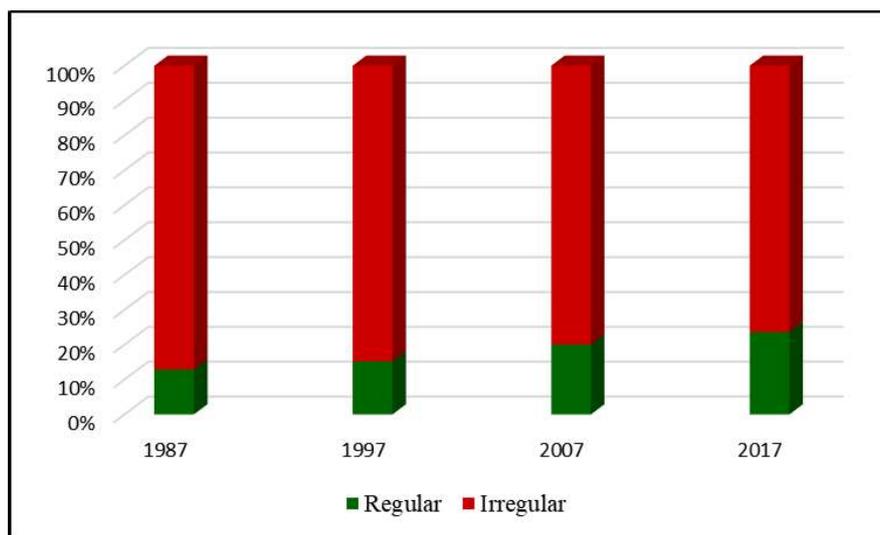
Analisando os dados em porcentagem presentes no gráfico da Figura 8 e Tabela 2, nota-se que de 1987 para 2017 as áreas regulares de APPs praticamente dobraram, passando de 39,97 km² para 73,73 km².

Em 1987, a classe de Pastagem era a mais representativa no cenário das áreas irregulares, ocupando 135,71 km² seguida pela classe de Mosaico de Agricultura e Pastagem com 106,22 km². Neste mesmo ano foram pouco representativas as classes de Floresta Plantada com 0,04 km² e cultura Semi-Perene com 0,05 km².

No ano de 1997, as classes mais representativas foram invertidas se comparadas com a década anterior, já que o Mosaico de Agricultura e Pastagem representou 136,03 km² e

a classe de Pastagem representou 91,29 km². Já as classes presentes em menor quantidade continuou sendo a classe de Floresta Plantada com 0,07 km² com pequeno acréscimo, e a classe de Infraestrutura Urbana, que apesar de obter um crescimento referente a década anterior, foi menor que a classe de cultura Semi-Perene que aumentou cerca de 1,11 km² em 10 anos.

Figura 8. Porcentagens referentes as áreas de conflitos de uso e cobertura do solo.



Elaboração: os Autores, 2019.

Em 2007, as classes de uso que caracterizaram as áreas irregulares e que merecem destaque foram a classe de Mosaico de Agricultura e Pastagem que teve um acréscimo em relação a década anterior, ocupando 153,68 km², seguido pela classe de Cultura Anual e Perene com 47,60 km², que apesar de não ter expandido muito em relação as décadas anteriores, a redução da Pastagem deu lugar a esta classe. Como contraponto, tem-se a classe Formação Florestal, que passou 47,67 km² em 1997 para 63,36 km² em 2007.

No ano de 2017, cenário mais atual, a classe de Mosaico de Agricultura e Pastagem reduziu para 147,83 km², única queda em comparação com as décadas anteriores, mas ainda assim, continua sendo a classe mais representativa dentro das APPs. As florestas obtiveram acréscimo de área, mostrando que o quadro de degradação, muito lentamente, vem sendo modificado, possivelmente em função do endurecimento em

relação a fiscalização do desmatamento ou ainda pela conscientização da população da importância das APPs para a qualidade ambiental da bacia como um todo.

Tabela 2. Classes de uso do solo em APPs.

Classes	1987	1997	2007	2017
	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²
Não observado	-	0,01	0,01	0,01
Formação Florestal	39,97	47,67	63,36	73,73
Floresta Plantada	0,04	0,07	0,12	0,86
Pastagem	135,71	91,29	45,16	25,51
Cultura Anual e Perene	38,83	44,25	47,60	57,40
Cultura Semi-Perene	0,05	1,16	10,69	13,49
Mosaico de Agricultura e Pastagem	106,22	136,03	153,68	147,83
Infraestrutura Urbana	0,39	0,53	0,74	1,33
Outra Área não Vegetada	0,13	0,67	0,26	0,25
Rios e Lagos	1,71	1,36	1,43	2,64
Total			323,05	

Elaboração: os Autores, 2019.

A classe que obteve a maior variação ao longo do período analisado foi a Pastagem, que decresceu progressivamente durante as três décadas. No entanto, como já comentado anteriormente, foi sendo substituída por Culturas Anuais Perenes e Semi-Perenes ou então Mosaico de Agricultura e Pastagem.

Considerações Finais

Diante das análises de conflitos de uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, foi possível constatar que durante as três décadas de análise, para um total de área destinada à preservação da bacia que é de 323,05 km², apenas 41,69 km² (12,90%) em 1987 e 76,38 km² (23,64%) em 2017 estavam de acordo com a legislação e em condições regulares. Assim, durante o intervalo de 30 anos, constatou-se um acréscimo de 34,69 km², ou seja, 10,74%.

As imagens disponibilizadas pelo MapBiomias proporcionaram a espacialização e visualização do perfil paisagístico da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó bem como sua evolução ao longo do período analisado. Tais dados possuem inestimável valor, pois mostram a “história” da ocupação de uma determinada área e a forma como o território

vai se transformando em função de ciclos econômicos, interesses de agentes imobiliários, políticas públicas entre outras.

Verificou-se, portanto, a importância da implementação do sistema de monitoramento para aprimorar a verificação e subsidiar medidas corretivas, visando o uso correto do solo presando o equilíbrio ecológico e assim, garantir a qualidade dos recursos hídricos, fundamental para o abastecimento público.

Na tentativa de atender a demanda da sociedade e de gestores públicos para o aperfeiçoamento do monitoramento das APPs, propôs-se a criação de um sistema de monitoramento de tais áreas, vislumbrando a manutenção da qualidade ambiental da bacia, já que as APPs desempenham importante papel ecológico, protegendo e mantendo os recursos hídricos, conservando a diversidade de espécies de plantas e animais, controlando a erosão do solo e conseqüentemente o assoreamento e poluição dos cursos d'água. Além disso, proporcionam a infiltração e a drenagem pluvial, contribuindo para a recarga dos aquíferos.

Especificamente em relação ao sistema proposto neste projeto piloto, salienta-se que o mesmo atualmente funciona em Plataforma Desktop no *software* ArcGis, associado a um modelo criado no *Model Builder*, onde uma sequência de ferramentas é usada de forma automática. A partir do momento em que se tem a disponibilização de uma nova imagem de uso do solo, a rotina é ativada e as informações são todas atualizadas de forma automática.

Como proposta final tem-se a indicação de desenvolver uma plataforma *web multi layer* utilizando *softwares* livres, tais como sistema operacional *Linux*, servidor de mapas *Geoserver*, banco de dados *PostgreSQL+PostGIS* e *frontend OpenLayers*, utilizando linguagens de programação e bibliotecas *JavaScript, JQuery, HTML5, CSS3*. Com tais ferramentas cria-se uma interface amigável e responsiva a qual se adapta facilmente para qualquer dispositivo de navegação para *web*, tal como desktop, notebook, tablet ou smartphone.

Como principais vantagens e benefícios que um sistema como o proposto pode oferecer, estão: i) a localização exata (lat/long) dos pontos e/ou áreas em que ocorreram

mudanças de um ano para outro; ii) a rapidez em obter dados atualizados para a bacia ou qualquer município que compõe a bacia; iii) a manutenção de uma base de dados georreferenciada e atualizada anualmente; iv) baixo custo financeiro e operacional para execução e manutenção do sistema. Tais indicadores podem auxiliam os gestores públicos nas tomadas de decisão e planejamento das ações que envolvem a fiscalização, bem como programas de recuperação de áreas já degradadas. Isto é possível pela facilidade em que, qualquer técnico do IAP ou de outra instituição que atue com a questão ambiental da bacia, poderá, em tempo real, monitorar e acompanhar as áreas vinculadas a preservação permanente.

Referências Bibliográficas

- ALARCON, G.G.; BELTRAME A.V.; KARAM, K. F. Conflitos de interesse entre pequenos produtores rurais e a conservação de áreas de preservação permanente na mata atlântica. *Revista Floresta*; n. 40(2): 295-310, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v40i2.17825>.
- ANTUNES, F. de S.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. do C. Avaliação de Áreas de Preservação Permanente em superfície planimétrica e superfície modelada na área de proteção ambiental da Região Serrana de Petrópolis – RJ. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 29, p. 253-274, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2016.19220>.
- BORGES L.; REZENDE J. L. P. As áreas protegidas no interior de propriedades rurais: a questão das APP e RL. *Floresta e Ambiente*, v.18, n.2, p. 210-222, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.040>.
- BITTENCOURT, G. F. M.; CASTIGLIONE, L. H. G.; STRAUCH, J. C. M.; Conflito do Uso e Cobertura da Terra em Áreas de Preservação Permanente na Cidade de Niterói, RJ. *GEO UERJ*. n. 33, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2018.30695>, 2018. Acesso em: 10 de jun. 2019.
- BRASIL. Código Florestal. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.
- CAMPOS, F. F.; MATIAS, L. F. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e sua situação de uso e ocupação no município de Paulínia (SP). *Geociências*, Rio Claro, v. 31, n. 2, p. 309-319, 2012. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7260/6704>.
- CAMPOS, S.; CARDOSO, L. G.; CAMPOS, M.; NARDINI, R. C.; RODRIGUES, B. T.; RODRIGUES, M. T.; TAGLIARINI, F. S. N.; TRAFICANTE, D. P. Geoprocessamento aplicado no diagnóstico dos conflitos de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente no Ribeirão das Agulhas – Botucatu (SP). *InterEspaço*:

Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, Grajaú, v.2, n.6, p. 163-175, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549/interespaco.v2n6p163-175>, 2016.

- CUNHA, J.E. de B.L.; RUFINO, I.A.A.; SILVA, B.B.; CHAVES, I. de B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 5, p. 539-548, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000500010>, 2012.
- FERRARI, J. L.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F.; AMARAL, A. A.; PERERIRA, L. R.; Análise de Conflito de Uso e Cobertura da Terra em Áreas de Preservação Permanente do Ifes – Campus de Alegre, Município de Alegre, Espírito Santo. Floresta Ambiente. v.22, n. 3, set. 2015. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.042113>. Acesso: 31 de mai. 2020.
- GASPARINI, K. A. C.; LYRA, G. B.; FRANCELINO, M. R.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F.; FACCO, A. G.; Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas na identificação de conflitos do uso da terra em Seropédica-RJ. Floresta e Ambiente, v. 20, n. 3, set. 2013. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4322/loram.2013.030>. Acesso: 31 de ago. 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>. Acesso em: 15 de dez. 2019.
- NARDINI, R C., CAMPOS, S., GOMES L. N., CAMPOS, M., GARCIA, Y. M., GABRIEL RONDINA PUPO DA SILVEIRA, G. R. P., FELIPE, A. C. Determinação do conflito de uso da terra nas APPs da rede hidrográfica da microbacia do Riberião Água-Fria, Bofete (SP). Revista Agrarian. v.7, n24, 2014. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1864>. Acesso: 24 de jun. 2019.
- OLIVEIRA, M. J. Proposta Metodológica para a delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeadas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- OLIVEIRA, G.C., FILHO, E. I. F. Metodologia para a delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informações geográficas. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu. Anais, 2013.
- RIBEIRO, C. A. A. S. SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M.; Desafio de Delimitação de áreas de Preservação Permanente. Revista Árvore, n. 29, v.2, p. 203-212, 2005. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000200004>. Acesso em 13 de ago. 2019.
- RIGON, Osmar. PASSOS; Messias Modesto dos. Estudo Fisiográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó-PR. Geografia (Londrina) v. 23, n. 1. p. 35 – 56, jan/jun, 2014. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/13651/16286>.

- SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficina de textos, 2006, 495p.
- SANTOS, L. A. C.; BATISTA, A. C.; NEVES, C. O.M.; CARVALHO, E. V.; GIONGO, M.; Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. Revista Agro@ambiente Online. v.11, n.2 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3915>. Acesso em 20 de ago. 2019.
- SILVA, J. A. A. et al. O Código Florestal e a ciência: contribuições para o diálogo. São Paulo: SBPC; ABC, 2011. 124p. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-547.pdf>. Acesso em: 07 de jun. 2019.
- SPAROVEK G.; BARRETO A., KLUG I., PAPP L, LINO J. A revisão do código florestal brasileiro. Novos Estudos – CEBRAP, n. 89, p. 111-135, 2011. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-33002011000100007>. Acesso em 21 de jun. 2019.
- USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. Sioux Falls: EROS, 2016, 106p. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook>. Acesso em: 02 jul. 2019.