

## Identificação de classes de uso e ocupação do solo nas APAs que compõem a zona de amortecimento da Rebio Tinguá/Rio de Janeiro com classificação supervisionada semiautomática

Renato Dantas Borges <sup>1\*</sup>, Vivian Castilho da Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bacharel e Licenciado em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. (\*Autor correspondente: renato.db1@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutora em Geografia, Professora Adjunta do Departamento de Geografia Física do Instituto de Geografia (IGEOG) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 16/03/2023 – Revisado em: 05/05/2023 – Aceito em: 29/05/2023

### RESUMO

O crescimento da população no estado do Rio de Janeiro associado a exploração dos recursos naturais vem trazendo impactos ao ambiente natural. Isto ocorre devido as mudanças da cobertura e uso da terra, associadas a expansão da urbanização desordenada. Assim, objetiva-se identificar e caracterizar as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) que compõem a zona de amortecimento da Reserva Biológica (Rebio) do Tinguá/RJ quanto ao seu uso e ocupação, a partir da utilização do Sensoriamento Remoto e de geoprocessamento. Metodologicamente, os dados foram analisados e processados por meio de imagens Sentinel-2 com suporte dos softwares QGIS e Google Earth Pro. Foram utilizadas duas imagens referentes as datas de 24/04/2016 e 02/06/2020 sendo submetidas a processos de classificação supervisionada. Como resultado, foi possível identificar e localizar áreas onde a vegetação foi mais suprimida e mais preservada, e quais foram as Áreas de Proteção Ambiental onde ocorreram mudanças mais significativas de uso e cobertura da terra.

**Palavras-chave:** Zona de Amortecimento, Sensoriamento Remoto, Classificação Supervisionada

Identification of land use and land cover classes in the APAs that make up the buffer zone of Rebio Tinguá/Rio de Janeiro with semi-automatic supervised classification

### ABSTRACT

Population growth in the state of Rio de Janeiro associated with the exploitation of natural resources has been impacting the natural environment. This occurs due to changes in land cover and use, associated with the expansion of disordered urbanization. Thus, the objective is to identify and characterize the Environmental Protection Areas (APAs) that make up the buffer zone of the Biological Reserve (Rebio) of Tinguá/RJ in terms of their use and occupation, based on the use of Remote Sensing and geoprocessing. Methodologically, the data were analyzed and processed using Sentinel-2 images supported by QGIS and Google Earth Pro software. Two images referring to the dates of 04/24/2016 and 06/02/2020 were used and submitted to supervised classification processes. As a result, it was possible to identify and locate areas where the vegetation was more suppressed and more preserved, and which were the Environmental Protection Areas where the most significant changes in land use and land cover occurred.

**Keywords:** Buffer Zone, Remote Sensing, Supervised Classification

## 1. Introdução

O aumento da degradação ambiental, principalmente no Brasil, é proveniente de perturbações e/ou mudanças artificiais no meio ambiente que são realizadas pelas atividades humanas (BISPO & LEVINO, 2011). Entre os meios de amenizar, conservar e/ou proteger áreas ambientais demasiadamente importantes, como auxílio da gestão ambiental eficiente, existe a criação de Área de Proteção Ambiental (APA) (HOEFFEL et al., 2006).

A Lei no 9.985/2000 institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Segundo esta lei, as Unidades de Conservação de Uso Sustentável como as APAs, possuem um certo grau de ocupação humana com a finalidade da utilização de seus recursos de forma sustentável, disciplinar a ocupação e a proteção da diversidade biológica (BRASIL, 2000).

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) de Uso sustentável são áreas com características específicas que são consideradas importantes para o bem-estar humano. O motivo da criação dessas unidades é o de proteção da diversidade biológica do local e disciplinar o processo de ocupação, de modo a assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais locais. Portanto, as APAs visam conciliar o uso sustentável dos recursos naturais com a conservação da natureza. Nessas unidades, são permitidas atividades que envolvam coleta e uso dos recursos naturais, desde que ocorram de forma responsável, sem esgotar os recursos ambientais e prejudicar os processos ecológicos.

Em relação às áreas protegidas no Brasil, o geoprocessamento e o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) vêm auxiliando em tomadas de decisão e resoluções de problemas atuais e do futuro, como: demarcação, fiscalização e elaboração de planos de manejo. Ferramentas de geoprocessamento como o Sistema de Posicionamento Global (GPS) vêm auxiliando na delimitação dessas UCs; a fiscalização também se tornou mais eficiente pela rapidez e eficiência que o SIG e geoprocessamento proporcionam na localização de algum evento natural ou antrópico dentro de uma UC, tal como integrar informações sobre desmatamento; a criação de um banco de dados geográficos em SIG tem proporcionado um auxílio fundamental na criação de planos de manejo de UCs. O Sensoriamento Remoto tem proporcionado análises espaciais importantes para a gestão ambiental em UCs no Brasil. Análises multitemporais de imagens de satélite permitem o monitoramento de áreas desmatadas.

Um dos principais objetivos da criação das UCs na Baixada Fluminense é a preservação de remanescentes florestais de Mata Atlântica. Este bioma é o mais devastado do Brasil, logo torna-se de vital importância a preservação de seus remanescentes florestais para que tenhamos um meio ambiente equilibrado (MAIA & RICHTER, 2019).

Faz-se necessário o monitoramento da situação vigente quanto ao cumprimento das diretrizes e dos limites de utilização dos recursos naturais em uma APA, descritos em legislação vigente, e que servem como base para a implementação de uma política de gestão ambiental e territorial (OLIVA JUNIOR, 2012).

Este trabalho tem como objetivo geral analisar espaço-temporalmente o uso e ocupação da terra no período entre 2016 e 2020 da Zona de Amortecimento, a fim de verificar se esta vem cumprindo a sua função de proteção da Rebio Tinguá (figura 1). Como objetivo específico, este trabalho visa identificar quais são os locais com maior e menor degradação da vegetação na Zona de Amortecimento da Rebio e, por consequência, de cada APA que a compõe.

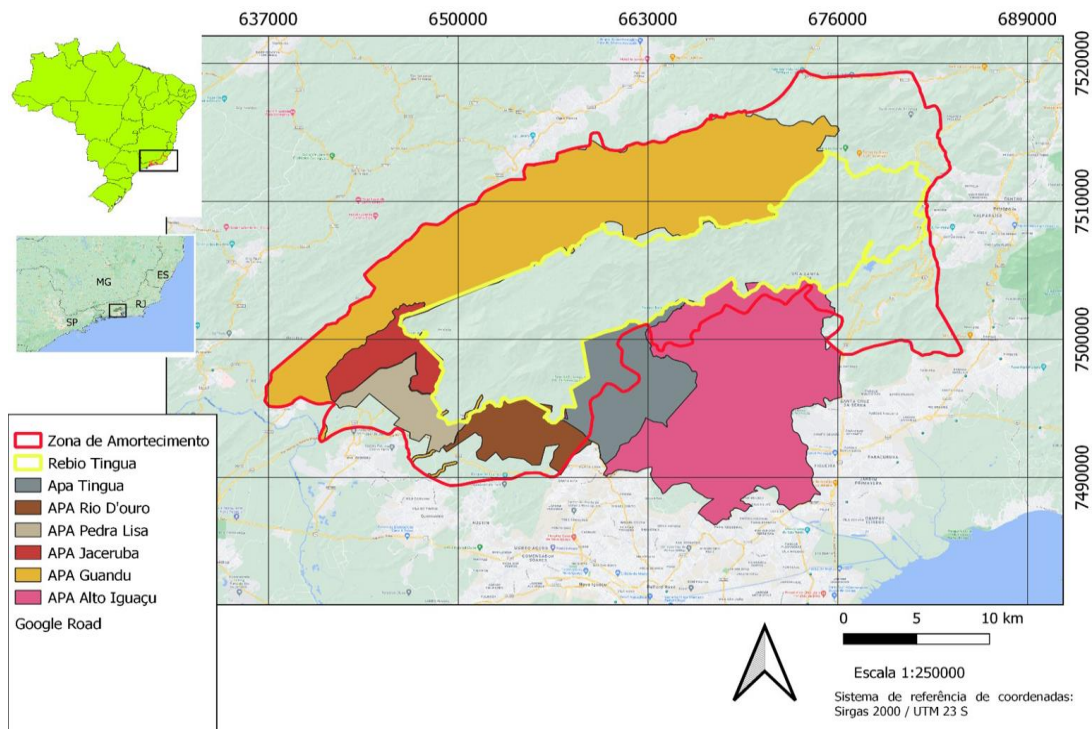
## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

O recorte espacial estudado no presente trabalho está localizado na zona de amortecimento da Rebio Tinguá, portanto, composta por Áreas de Proteção Ambiental que se encontram em seu interior (Figura 1). Este recorte geográfico abrange alguns municípios da Baixada Fluminense e Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

As Áreas de Proteção Ambiental estão sob gestão municipal e estadual. As APAs municipais são: do Rio D'Ouro, de Jaceruba, do Tinguá, e da Pedra Lisa. As APAs estaduais são: do Guandu e do Alto Iguaçú. Todas foram criadas com a intenção integrar e reforçar a proteção do mosaico da Mata Atlântica que tem a função de agir como zona de amortecimento entre as áreas urbanas e de expansão urbana.

**Figura 1.** Localização do recorte geográfico (área de estudo). Fonte: APAs – MMA; Rebio e zona de amortecimento – ICMBio. Fonte: Adaptado pelo autor (2021).



Fonte: adaptado pelo autor (2021)

A Região da Reserva Biológica do Tinguá está compreendida em seis municípios: Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Petrópolis, Miguel Pereira, Queimados e Japeri. Os dois últimos não têm área no interior da Rebio, mas estão muito próximos a ela e têm áreas inclusas na zona de amortecimento.

Conforme descrito no decreto de criação da Rebio (Decreto Federal nº 97.780 de 23 de maio de 1989), sua localização está entre as coordenadas geográficas 22°22'20" e 22°45'00" de Latitude Sul e 43°40'00" e 43°05'40" de Longitude Oeste. Geograficamente está inserida nos territórios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo divisor de águas das Bacias da Baía da Guanabara, da Baía de Sepetiba e do Rio Paraíba do Sul (IBAMA, 2006).

Estabelecida no entorno da Rebio, a zona de amortecimento tem por objetivos minimizar o impacto sobre as áreas núcleos e promover a qualidade de vida das populações da área, especialmente as comunidades tradicionais. Em geral corresponde a áreas de mananciais, APAs, áreas tombadas e outras regiões de interesse socioambiental (IBAMA, 2006).

A região da Rebio Tinguá está inserida nos seguintes Domínios Geoambientais: Domínio Geoambiental I – Faixa Litorânea e Domínio Geoambiental II – Região Serrana. O Domínio Geoambiental Faixa Litorânea abrange em torno de 10% da Rebio, na porção sudoeste, e na porção sul da ZA. Este domínio abrange áreas inundáveis como mangues, brejos e baixadas. O Domínio Geoambiental Região Serrana, abrange cerca de 90% da Rebio e porção norte e nordeste da ZA. Devido à alta declividade, essa apresenta limitações para ocupação humana. Esse domínio também apresenta escarpas com maciços alcalinos intrusivos que formam picos elevados (IBAMA, 2006).

Na área de entorno da Rebio Tinguá ocorrem algumas classes de solo como: Latossolos, Cambissolos e Neossolos. De acordo com IBAMA (2006) apud Carvalho Filho (2000), a ocorrência de Latossolos no entorno da Rebio está associada à ocorrência de materiais provenientes de intemperismo do período Pré-Cambriano, no relevo que varia entre forte ondulado a montanhoso. Os Cambissolos são mais distribuídos nas proximidades dos limites da ZA em sua porção oeste e noroeste, e são solos altamente suscetíveis à erosão. Os Neossolos são desenvolvidos a partir de depósitos aluviais recentes, e no entorno da Rebio podem ser encontrados na porção oeste e sudoeste da ZA (IBAMA, 2006).

Os rios que nascem na região da Rebio abrangem as três Macrorregiões Ambientais seguintes: Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba, e Rio Paraíba do Sul. O Rio Estrela e o Rio Iguaçu são os rios com maior extensão da macrorregião Baía de Guanabara. A maioria dos cursos d'água são canalizados, e parte de suas águas recebem cargas de esgoto. O Rio Guandu é o principal da Baía de Sepetiba, e desde o século XVII os rios dessa bacia vêm sendo retificados, canalizados e dragados em consequência de inundações constantes nessa

região em face de sua topografia plana. O rio Piabanha é o maior em extensão da macrorregião Baía de Sepetiba e Rio Paraíba do Sul; e os rios dessa região apresentam grande volume de água em função e elevados índices pluviométricos (IBAMA, 2006).

Atualmente, a paisagem do entorno da Rebio do Tinguá é formada por vegetação secundária, apresentando variações significantes quanto a sua composição florística e estrutura, sendo relativamente antropizada conforme as cotas altimétricas e a proximidade dos centros urbanos em que se encontram (IBAMA, 2006).

As florestas predominantes na Região da Rebio podem ser denominadas como Floresta Ombrófila Densa. A Área de Proteção Ambiental Tinguá foi criada em 6 de junho de 2002 através do decreto nº 6.491, com o nome de APA Tinguá / Iguaçu e a partir do decreto nº 6.548 de 05 de novembro de 2002 passou a denominar-se APA do Tinguá. Esta APA tem por objetivo a conservação do conjunto natural e paisagístico local, com ênfase para as necessidades de proteção e preservação do conjunto florestado e na qualidade das águas e mananciais que formam a Bacia do Rio Tinguá e do Rio Iguaçu (BIBLIOTECA VIRTUAL DO MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE, [s.d.]).

A APA Jaceruba foi criada pelo decreto nº 6.492 de 06 de junho de 2002, com o nome de APA do Rio São Pedro de Jaceruba e em 05 de novembro de 2002 com o decreto Nº. 6.547 passou a se chamar APA Jaceruba. Ela está localizada na região Noroeste do Município de Nova Iguaçu, sendo divisa com os municípios de Miguel Pereira e Japeri. Sua área é de aproximadamente 2.353 hectares e tem funções como: proteger os recursos naturais considerados como essenciais à população local, estimular a educação ambiental e conservar o conjunto natural e paisagístico com ênfase para as necessidades de proteção e preservação do conjunto florestado e na condição das águas e mananciais que formam a bacia hidrográfica do Rio São Pedro (BIBLIOTECA VIRTUAL DO MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE, [s.d.]).

A Área de Proteção Ambiental Rio D'Ouro foi criada através do decreto nº 6.490 de 06 de junho de 2002, e implantada em definitivo pelo Projeto de Lei Nº. 3588 de 07 de julho de 2004, amparada pelo Artigo 15 da Lei Federal Nº. 9985/2000. Esta APA forma um território contíguo com a Reserva Biológica do Tinguá (Rebio do Tinguá) e seu objetivo é a conservação do conjunto natural e paisagístico local, com ênfase para as necessidades de proteção e preservação do conjunto florestado e na qualidade das águas e mananciais que formam a Bacia do Rio D'Ouro e a cabeceira do Rio Iguaçu (BIBLIOTECA VIRTUAL DO MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE, [s.d.]).

A APA Pedra Lisa foi criada pela Lei Federal n.º 9985/2000 sob o nome de APA DA PEDRA LISA. O objetivo da criação desta APA é a conservação do conjunto natural e paisagístico local, enfatizando as necessidades de conservar o conjunto florestado e na qualidade das águas e mananciais que formam a Bacia do Rio Guandu. A APA está localizada na área Sudoeste/Oeste da ZA, no município de Japeri. A área tem por característica possuir grandes extensões planas alternadas por morro e colinas com altitudes médias (JAPERI, 2009).

A APA Guandu foi criada a partir da Lei Nº 3760, de 07 de janeiro de 2002, estabelece as ações com prioridade para a proteção ambiental do rio Guandu e de seus afluentes. Com cerca de 74 mil hectares, situada na porção norte da ZA da Rebio Tinguá, compreende todos os terrenos situados numa faixa de largura de 500 metros de ambas as margens em toda a extensão do curso de água desde a Usina Pereira Passos até a desembocar na baía de Sepetiba (BIBLIOTECA VIRTUAL DO MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE, [s.d.]).

Criada pelo Decreto Estadual nº 44.032 de 15/01/2013, a APA Alto Iguaçu tem por objetivo a conservação de remanescentes de Mata Atlântica da região urbano-industrial da Baixada Fluminense, e recuperar algumas áreas degradadas que lá existem, além de manter populações de animais e plantas nativas e oferecer refúgio às espécies raras, vulneráveis, endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora nativa. Sua criação também foi importante para recuperação de matas ciliares, áreas de preservação permanente, além de conservar a manutenção de áreas permeáveis de alguns rios a fim de minimizar os efeitos de cheias e inundações sobre populações daquela região (PROJETO SER AMBIENTAL, 2017).

## 2.2 Procedimentos metodológicos

As imagens do satélite Sentinel-2 foram adquiridas gratuitamente no *site* do *United States Geological Survey (USGS) - EarthExplorer*, sendo necessário realizar um cadastro para ter acesso a essas imagens. Foram adquiridas duas cenas das datas 24/04/2016 e 02/06/2020, sensor Sentinel-2A, localizador T23KPQ. Foi necessário adquirir duas imagens de cada data para construir um mosaico que cobrisse toda a área de estudo. Todas essas imagens têm menos de 10% de cobertura de nuvens.

Os programas de geoprocessamento e geotecnologias associadas utilizados na presente pesquisa foram: QGIS 3.10 *A Coruña*, utilizado nos procedimentos com manipulação de dados raster e vetoriais. O *Google Earth Pro* foi utilizado para a visualização e identificação de feições do terreno e sua comparação (interpretação visual) com as imagens de satélite Sentinel-2 utilizadas no recorte estudado.

A partir das imagens do satélite Sentinel-2 foi utilizado o Processamento Digital de Imagens (PDI) através do método de classificação supervisionada denominado máxima verossimilhança (MAXVER). A MAXVER é um método mais comumente utilizado a este procedimento, que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes e o pixel, utilizando parâmetros estatísticos, isto é, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe (CÂMARA et al., 1996).

Foi necessário a instalação de um complemento desenvolvido para o QGIS chamado *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), pois este possibilita a classificação *pixel a pixel* semiautomática ou supervisionada de imagens de satélite, além de permitir realizar o pré-processamento, processamento (tratamento e classificações das imagens) e o pós-processamento. Este plugin é um projeto desenvolvido para classificação semiautomática de imagens de Sensoriamento Remoto.

Ele permite a rápida criação de Áreas de Treinamento ou Regiões de Interesse (ROI – Region Of Interest) que são armazenadas em um shapefile. O plugin calcula automaticamente as Assinaturas Espectrais das Áreas de Treinamento e permite a visualização das assinaturas através de um gráfico. Por fim, foi verificada a acurácia da classificação supervisionada realizada. Esta foi estimada considerando o índice Kappa.

Para a delimitação da Rebio Tinguá e da zona de amortecimento foram adquiridos arquivos nos formatos KML e KMZ respectivamente, no site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio [s.d.]. Para delimitação das Unidades de Conservação foram adquiridos arquivos no formato shapefile referentes às unidades de conservação municipais de uso sustentável e unidades de conservação estaduais de uso sustentável de todo território nacional no diretório de download de dados geográficos – i3geo – do site do Ministério do Meio Ambiente [s.d.].

A primeira etapa de tratamento das imagens foi realizar composição de bandas cor natural (RGB), utilizando as bandas: B04 *Red* (Vermelho), B03 *Green* (Verde) e B2 *Blue* (Azul); e as bandas B08 NIR (Infravermelho próximo), B04 *Red* (Vermelho) e B03 *Green* (Verde) para a composição infravermelho próximo. Foi necessário realizar um realce de contraste e brilho para uma melhor visualização. Em seguida, foi preciso gerar um mosaico entre duas imagens de cada data, a fim de que o toda a área do recorte estudado pudesse ser mapeada por completo.

Depois disto, foram definidas as categorias de interesse por meio de seleção de amostras (quadro 1) Foi produzida uma chave de interpretação das regiões vinculadas às 8 classes de uso e cobertura da terra: Formação Florestal, Pasto Não Degradado, Pasto Degradado, Infraestrutura Urbana, Afloramento Rochoso, Corpos D'água, Solo Queimado e Solo Exposto. Para a definição das classes foi utilizada a ferramenta no *Google Earth Pro* que mostra imagens históricas.

Por seguinte calculou-se o coeficiente Kappa desenvolvido por Landis e Koch (1977) (tabela 1) em que associa um determinado intervalo de valores Kappa a um grau de qualidade do mapa temático.


O coeficiente Kappa determina a concordância esperada a posteriori, ou seja, a concordância esperada somente poderá ser determinada após a construção da matriz de erros, também denominada matriz de confusão, e esta, por sua vez, é obtida após a verificação dos resultados obtidos na simulação (BERNARDES, 2006, p.19).

**Tabela 1** – associação de intervalo de valores kappa a um grau de qualidade do mapa temático.

<b>Índice Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
<0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Fonseca, (2000).

**Quadro 1** – chave de interpretação sentinel-2, composição colorida rgb

Recorte da imagem Sentinel-2	Classes de uso e cobertura da terra	Elementos visuais de interpretação, destacados na imagem (textura, padrão, cor, etc)
	Formação florestal	Cor verde-escuro; padrão; forma e textura rugosa.
	Pasto não degradado	Cor verde-claro; textura lisa; forma irregular.
	Pasto Degradado	Cor variando de verde-claro para amarelo-claro; textura enrugada; forma irregular.
	Infraestrutura Urbana	Cor predominante branca; textura ligeiramente rugosa; forma regular
	Afloramento Rochoso	Cor magenta; textura lisa; forma irregular.
	Corpos D'água	Cor predominante azul; textura lisa; forma regular.
	Solo Queimado	Cor roxa, quase preta; forma irregular na maioria das áreas.
	Solo Exposto	Cor alaranjada; textura lisa; forma bem regular em algumas áreas.

Fonte: O autor (2021)

### 3. Resultado e Discussão

A figura 2 apresenta a classificação do uso e ocupação do solo da Rebio Tinguá, sua ZA e as APAs inseridas no interior da ZA, referente aos anos de 2016 e 2020, a partir de imagens de satélite Sentinel-2. No mapa de 2016 é possível observar grande presença de Formação Florestal no interior da Rebio, com muitos pontos de fragmentos de pastagem. Também se observa uma grande área conservada de Formação Florestal na porção sul da ZA, onde situam-se as APAs Alto Iguaçu e Tinguá, o que denota a função da ZA para a proteção da Rebio. Porém, também é possível distinguir, nesta área, feições como: Pasto Degradado, Pasto Não Degradado e Infraestrutura Urbana.

No mapa de 2016 há um percentual de 10,22% e no mapa de 2020 há um percentual de 6,79% respectivamente de classe de Pasto Degradado; e 24,59% e 22,89% respectivamente de Pasto Não Degradado distribuídos por toda a APA Guandu, e muitos fragmentos no interior da Rebio na borda noroeste.

Na porção norte e noroeste da ZA, foi possível identificar mais duas classes: Solo Queimado e Afloramento Rochoso. As feições de Afloramento Rochoso concentram-se na borda nordeste da ZA em quase sua totalidade, enquanto as feições de Solo Queimado podem ser identificadas na porção oeste da APA Guandu e na porção oeste da ZA. As feições de Corpos D'água estão praticamente todas na APA Alto Iguaçu, fora da zona de amortecimento.

No quadro 2 há informações sobre a área do recorte estudado em quilômetros, hectares e o percentual de cada classe para os anos de 2016 e 2020.

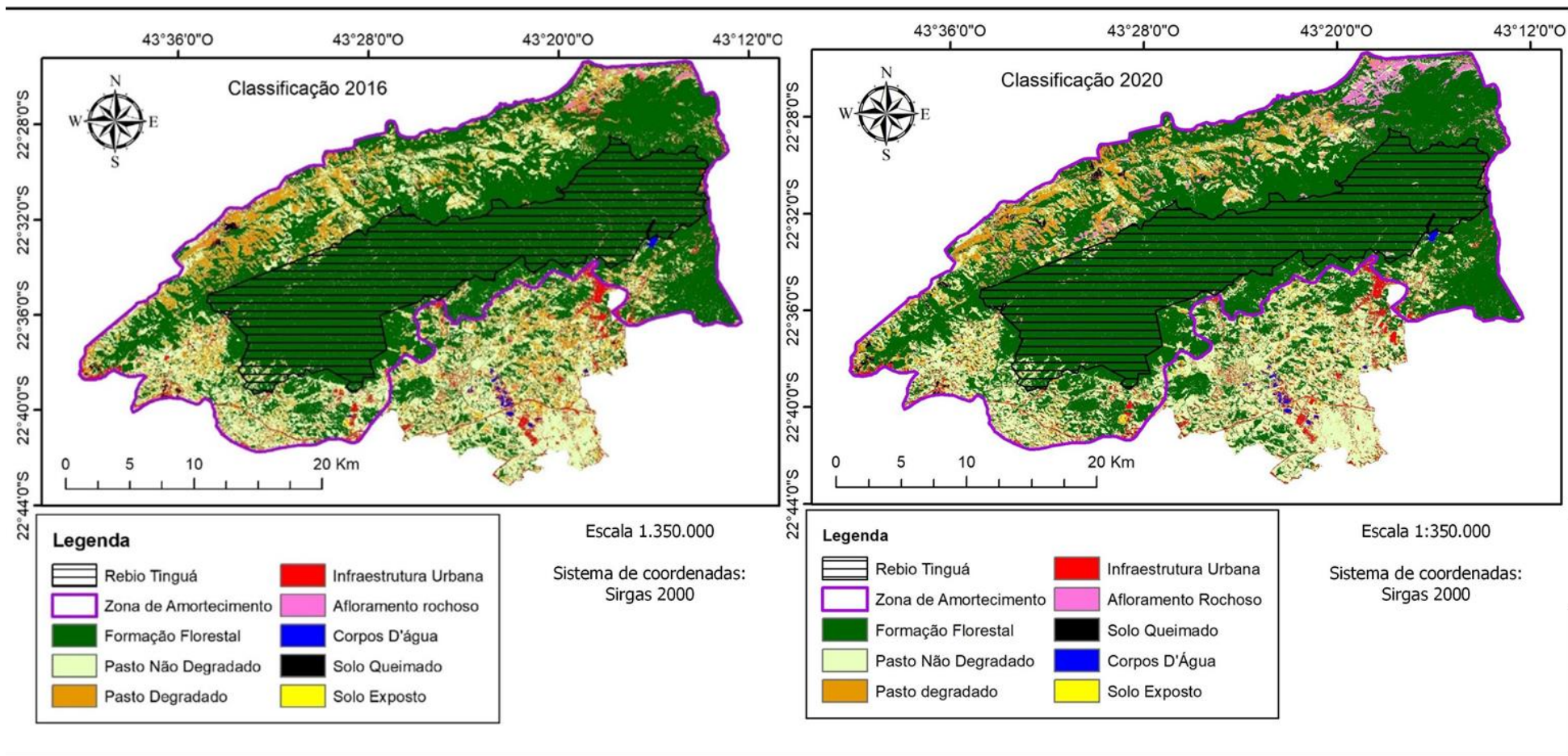
**Quadro 2** – Quantitativo em quilômetros, hectares e percentual de ocorrência das classes da classificação supervisionada para os anos de 2016 e 2020.

2016				2020			
Classes	Área km <sup>2</sup>	Área ha	Área %	Classes	Área km <sup>2</sup>	Área ha	Área %
Formação Florestal	546,19	54619,50	59,98	Formação Florestal	574,28	57428,6	63,06
Pasto Não Degradado	223,92	22392,80	24,59	Pasto Não Degradado	208,43	20843,7	22,89
Pasto Degradado	93,14	9314,16	10,22	Pasto Degradado	61,64	6164,15	6,76
Infraestrutura Urbana	32,55	3255,47	3,57	Infraestrutura Urbana	29,07	2907,21	3,19
Afloramento Rochoso	6,52	652,15	0,71	Afloramento Rochoso	20,65	2065,06	2,26
Solo Exposto	3,82	382,69	0,42	Solo Exposto	4,86	486,74	0,53
Solo Queimado	2,12	212,45	0,23	Solo Queimado	9,59	959,37	1,05
Corpos D'água	2,31	231,40	0,25	Corpos D'água	2,02	202,12	0,22

Os Quadros 3 e 4 apresentam distribuição da acurácia e dos valores de kappa por classe definidas. Para os anos de 2016 e 2020, todas as classes apresentaram índice kappa acima de 0,80, consideradas excelentes exceto a classe 6 em 2020, considerada boa. Ou seja, representando um elevado nível de concordância para o mapeamento realizado. Legitimando a classificação dos mapas temáticos obtidos.

Os Quadros 5 e 6 apresentam distribuição da acurácia e dos valores de Kappa por classe definidas para os anos de 2016 e 2020, respectivamente. É observado que as classificações com valores 0.96 e 0.97 de índice Kappa são consideradas excelentes quando se avaliadas pela tabela desenvolvida por Landis e Koch (1977).

**Figura 2.** Mapa temático de uso do solo, resultante da classificação supervisionada referente aos anos de 2016 e 2020 respectivamente.



Fonte: O autor (2021)



**Quadro 3** – Distribuição da acurácia e dos valores de kappa por classe do ano de 2016.

Classes	<i>Producer accuracy [%]</i>	<i>User accuracy [%]</i>	<b>Índice Kappa</b>
1	99.24	99.97	0.99
2	100	92.56	0.90
3	90.07	98.35	0.98
4	91.99	99.25	0.99
5	82.59	99.78	0.99
6	91.84	99.92	0.99
7	95.13	99.03	0.99
8	100	96.94	0.96

**Quadro 4** – Distribuição da acurácia e dos valores de kappa por classe do ano de 2020.

Classe	<i>Producer accuracy [%]</i>	<i>User accuracy [%]</i>	<b>Índice Kappa</b>
1	99.91	100	1
2	100	95.34	0.94
3	88.39	98.38	0.98
4	86.27	99.74	0.99
5	99.21	91.05	0.90
6	96.96	78.64	0.78
7	100	100	1
8	80.31	96.97	0.96

**Quadro 5** – Valores da acurácia total e índice kappa geral do ano de 2016.

<i>Overall accuracy [%]</i>	<i>Kappa hat classification</i>
97.94	0.96

**Quadro 6** – Valores da acurácia total e índice kappa geral do ano de 2020.

<i>Overall accuracy [%]</i>	<i>Kappa hat classification</i>
98.36	0.97

**Quadro 7** – Matriz de confusão das classes definidas na aquisição de amostras do ano de 2016

Classes	<i>V Classified</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Formação Florestal	1	7194	0	0	0	0	2	0	0	7196
Pasto Não Degradado	2	15	772	37	10	0	0	0	0	834
Pasto Degradado	3	2	0	1614	2	23	0	0	0	1641
Infraestrutura Urbana	4	0	0	1	1207	2	2	4	0	1216
Afloramento Rochoso	5	0	0	4	1	2306	0	0	0	2311
Corpos D'água	6	0	0	0	2	0	4005	1	0	4008
Solo Queimado	7	0	0	0	2	3	0	513	0	518
Solo Exposto	8	0	0	11	0	0	0	0	349	360
	<b>Total</b>	7211	772	1667	1224	2334	4009	518	349	18084

**Quadro 8** – matriz de confusão das classes definidas na aquisição de amostras do ano de 2020.

Classes	<i>V Classified</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Formação Florestal	1	4871	0	0	0	0	0	0	0	4871
Pasto Não Degradado	2	2	880	28	12	0	1	0	0	923
Pasto Degradado	3	1	0	1215	3	3	0	0	13	1235
Infraestrutura Urbana	4	0	0	0	1577	0	1	0	3	1581
Afloramento Rochoso	5	1	0	112	4	1211	0	0	2	1330
Solo Queimado	6	0	0	1	129	0	604	0	34	768
Corpos D'água	7	0	0	0	0	0	0	2565	0	2565
Solo Exposto	8	0	0	3	17	0	0	0	641	661
	<b>Total</b>	4875	880	1359	1742	1214	606	2565	693	13934

Os Quadros 7 e 8 apresentam as matrizes de confusão das classes definidas na aquisição de amostras dos anos de 2016 e 2020, respectivamente. As matrizes apresentam distribuições de porcentagem de *pixels* classificados de forma correta e incorreta. Pode-se considerar que a classificação é excelente para todas as classes quando estas são analisadas individualmente. Podendo, assim, encontrar inconsistências e explicar o motivo pelo qual a classificação não obteve valor máximo devido a erros na classificação supervisionada e que acarretam problemas na definição das classes do mapeamento.

Identifica-se, visualmente, que no mapa de 2020 há uma regeneração significativa entre Pasto Degradado e Pasto Não Degradado em relação ao mapa de 2016 na porção norte da ZA e na APA Guandu. Nesta mesma região, no ano de 2020, pode-se perceber que há mais pontos de Solo Queimado, o que pode evidenciar uma prática comum na região, com objetivos de limpeza do pasto, já que se trata de uma região rural; há também pontos de Afloramento Rochoso na borda da Rebio, o que pode ser um indício de um desmatamento mais acentuado nesta região. É nítido que houve aumento significativo de área de Afloramento Rochoso na região nordeste da ZA.

Analisando o quadro 2, observa-se que houve aumento de 28,09 km<sup>2</sup> (3,08%) de Formação Florestal, o que demonstra que houve acertos em programas de reflorestamento nas áreas protegidas. Houve uma diminuição de Pasto Não Degradado na ordem de 1,7%; quanto ao Pasto Degradado, houve uma diminuição de 3,46%; ocorreu uma pequena diminuição de infraestrutura urbana de 0,38%; aumento de 1,55% de Afloramento Rochoso, sendo visível nos mapas, principalmente na porção nordeste da ZA e ao norte do limite da Rebio; para as feições de Solo Exposto e Corpos D'água a alteração foi ínfima. Ressalta-se que estes são valores estimados, relativos à classificação supervisionada do presente estudo, e não representam valores com 100% de exatidão. O aumento de Afloramento Rochoso pode ser explicado pela confusão com outras classes por parte do algoritmo da classificação supervisionada. No quadro 8 pode ser observado que houve uma confusão considerável com Pasto Degradado. No quadro 4 também é possível observar um menor valor da acurácia e dos valores de Kappa para Afloramento Rochoso. As variações de Pasto Degradado e Pasto Não Degradado se explicam pelo fato de que o recorte se encontra numa região predominantemente rural, com apenas alguns pontos de núcleos urbanos, o que também explica a pouca variação na classe de Infraestrutura Urbana (0,38%).

De acordo com De Oliveira et al. (2016), as análises da dinâmica do uso e ocupação do solo colaboram de maneira válida para o conhecimento aprofundado de uma determinada região. Os autores analisaram mudanças do uso da terra na área de drenagem do reservatório Sistema Juramento a partir do PDI de imagens da série Landsat. Portanto, foi possível analisar que a área mencionada ainda apresenta percentual expressivo de vegetação natural. Os resultados desse trabalho podem contribuir com pesquisas hidro ambientais e gestão de recursos hídricos na área do estudo.

Baptista e Calijuri (2007) realizaram uma caracterização espaço-temporal por Sensoriamento Remoto na APA Petrópolis usando imagens dos satélites Landsat 5, Landsat 7 e CBERS. Para este estudo eles realizaram três classificações supervisionadas pelo algoritmo da Máxima Verossimilhança (MAXVER) e constataram que no período estudado houve alterações significativas no uso e ocupação do solo na APA. Também foi possível constatar informações importantes sobre a APA, como: ocupação de encostas e topos de morro, ocupação ao longo de rios, e remoção da cobertura vegetal.

#### 4. Conclusão

Com a classificação supervisionada de imagens Sentinel-2 foi possível categorizar a cobertura do uso e ocupação do solo obtendo como resposta 8 tipos de classes, sendo possível validar as classificações realizadas por meio do índice Kappa.

Ainda foi possível constatar que as classificações supervisionadas, utilizando o Sentinel-2, se mostraram eficientes e vantajosas porque foi possível um reconhecimento de um número de classes considerável para o tamanho do recorte estudado.

A ZA possui APAs que, de acordo com os resultados alcançados nas classificações supervisionadas, contribuem para a manutenção e facilitam a gestão dos conflitos de uso e ocupação no entorno da Rebio Tinguá; já que a vegetação da ZA se mostrou mais conservada em sua porção sul, onde se localizam as APAs Rio D'ouro, Alto Iguazu e Tinguá. A vegetação permaneceu praticamente inalterada nessa área para o período estudado.

As APAs com maior grau de degradação são: Guandu, Jaceruba e Pedra Lisa. Nestas localidades foram identificadas modificações de uso e cobertura da terra em maior grau, onde puderam ser observados muitos

pontos de queimadas e supressão de vegetação próximos do limite da Rebio Tinguá; constatando dificuldades para a proteção nesta categoria de UC de proteção integral de uso tão restritivo, e, portanto, trazendo impactos negativos e ameaçando os limites da Rebio.

## 5. Referências

BAPTISTA, Alessandra Carreiro; CALIJURI, Maria Lúcia. (2007) Caracterização espaço temporal por Sensoriamento Remoto da expansão urbana na APA Petrópolis. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Florianópolis/SC. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: < <http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.07.01.06/doc/5091-5098.pdf> > Acessado em: setembro/2021. 2021.

BERNARDES, Tiago. (2006). **Caracterização do ambiente agrícola do complexo Serra Negra por meio de Sensoriamento Remoto e sistemas de informação geográfica**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

Biblioteca Virtual do Meio Ambiente Da Baixada Fluminense. APA Guandu. [s.d.]. Disponível em: < <http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/apaguandu.htm> > Acessado em: novembro/2020. 2020

Biblioteca Virtual do Meio Ambiente Da Baixada Fluminense. APA Jaceruba. [s.d.]. Disponível em: < <http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/popups/jaceruba.htm> > Acessado em: novembro/2020. 2020.

Biblioteca Virtual do Meio Ambiente Da Baixada Fluminense. APA Rio D'Ouro. [s.d.]. Disponível em: < [http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/popups/rio\\_douro.htm](http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/popups/rio_douro.htm) > Acessado em: novembro/2020. 2020.

Biblioteca Virtual do Meio Ambiente Da Baixada Fluminense. APA Tinguá. [s.d.]. Disponível em: < <http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/popups/tingua.htm> > Acessado em: novembro/2020. 2020.

BISPO, T. C., & LEVINO, N. de A. (2011, outubro). Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. **Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.1.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, 18 de julho de 2000; 179º da Independência e 112º da República. Disponível em: < [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm) >. Acessado em novembro/2021. 2021.

CÂMARA, G., SOUZA, R. C. M., FREITAS, U. M., GARRIDO, J. (1996). SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403.

DE OLIVEIRA, W. F., SÁ, R. A., LEITE, M. E. (2016) Dinâmica do uso e ocupação do solo na área de drenagem do reservatório de abastecimento do sistema juramento/mg. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 57.

HOEFFEL, J. L. et al. (2006, junho). Percepção Ambiental e Conflitos de Uso dos Recursos Naturais – Um Estudo na APA do Sistema Cantareira, São Paulo. **Anais do III Encontro de Anpas**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-2.

IBAMA. Plano de manejo da Reserva Biológica do Tinguá. 2006. Disponível em: < <http://www.ICMBio.gov.br/portal/biodiversidade/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros>. > Acessado em: agosto/2020. 2020.

JAPERI. PROJETO DE LEI Nº 082/ 2009. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da Pedra Lisa, no município de Japeri, no Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências. 2009. Disponível em: < <http://camarajaperi.rj.gov.br/html/download.php?file=../public/PDFs/executivo/0082.2009.pdf> > Acessado em: maio/2021. 2021.

LANDIS, R., KOCH, G. G. (1977, março). The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174.

MAIA, M. A & RICHTER, M. (2019). **Unidades de Conservação da Baixada Fluminense: contribuições para a consolidação da Baixada Verde**. Curitiba: Editora Appris.

Ministerio do Meio Ambiente. Download de dados geográficos. [s.d.]. Disponível em: < <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> > Acessado em: julho/2021. 2021.

OLIVA JÚNIOR, Elenaldo Fonseca. (2012, setembro) Os impactos Ambientais Decorrentes da Ação Antrópica na nascente do Rio Piauí – Riachão do Dantas – SE. **Revista Eletrônica da Faculdade José Augusto Vieira**, v. 5, n. 7, p. 1-17.

Projeto “SER” Ambiental. APA do Alto Iguaçu. 2017. Disponível em: < <https://serambientalingua.wordpress.com/apa-do-alto-iguacu/> >. Acessado em novembro/ 2020. 2020.

United States Geological Survey (USGS). Earth Explorer. [s.d.]. Disponível em < <https://earthexplorer.usgs.gov/> >. Acessado em: julho/2021. 2021.