

IDENTIFICAÇÃO DE CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APAS QUE COMPÕEM A ZONA DE AMORTECIMENTO DA REBIO TINGUA/RJ COM CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA SEMI-AUTOMÁTICA

Renato Dantas Borges¹

Vivian Castilho da Costa¹

1.Universidade do Estado do Rio de Janeiro – (renato.db1@gmail.com; vivianuerj@gmail.com)

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

ABSTRACT

The population growth in the state of Rio de Janeiro associated with the exploitation of natural resources has brought impacts to the natural environment. This is due to changes in land cover and use, associated with the expansion of disorderly 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, being 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 cover occurred.

Keywords: Buffer Zone, Remote Sensing, Supervised Classification

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).

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) vem 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).

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.

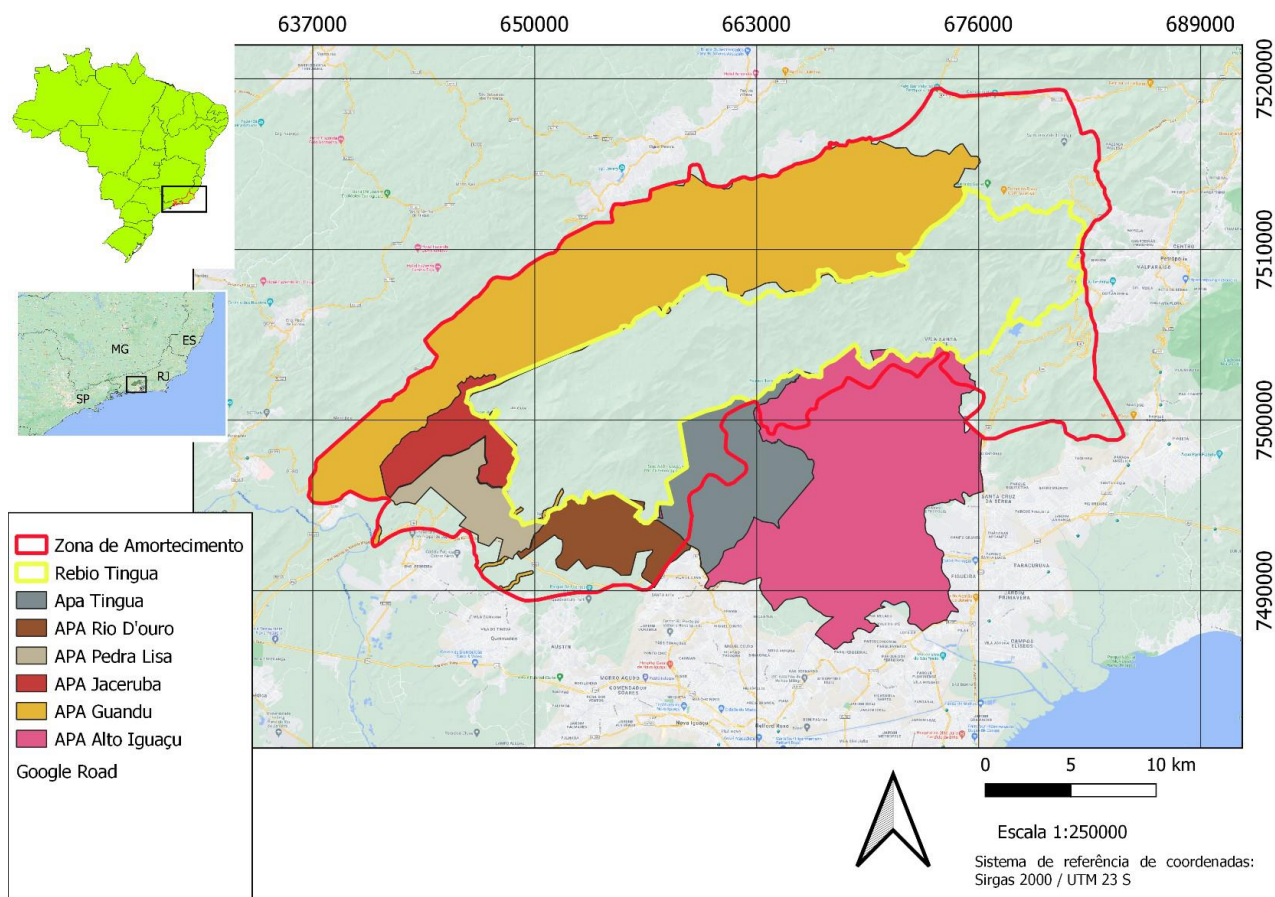


Figura 1 – Localização do recorte geográfico (área de estudo). Fonte: APAs – MMA; Rebio e zona de amortecimento – ICMBio. Fonte: Adaptado pelo autor (2021).

METODOLOGIA

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.

Neste estudo, 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).

Destaca-se que foi necessária 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 por Luca Congedo (Congedo, 2016) 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.


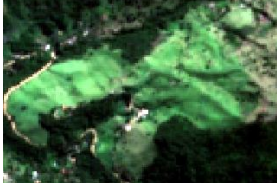






Para a delimitação da Rebio Tinguá e da zona de amortecimento foram adquiridos arquivos nos formatos KML e KMZ respectivamente, no site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio [s.d.]. Para delimitação das Unidades de Conservação foram adquiridos arquivos no formato *shapefile* 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.

Classificação Supervisionada das Imagens Sentinel-2

Em primeiro lugar, foram definidas as categorias de interesse por meio de seleção de amostras. Foi produzida a chave de interpretação (quadro 1) 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.

**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)

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

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.

Índice Kappa	Desempenho
<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).

RESULTADOS

As figuras 2 e 3 apresentam 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.

Referente ao mapa do ano de 2016 (Figura 2), é possível observar grande presença de Formação Florestal no interior da Rebio, com muitos pontos de fragmentos de pastagem. Também é possível observar 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.

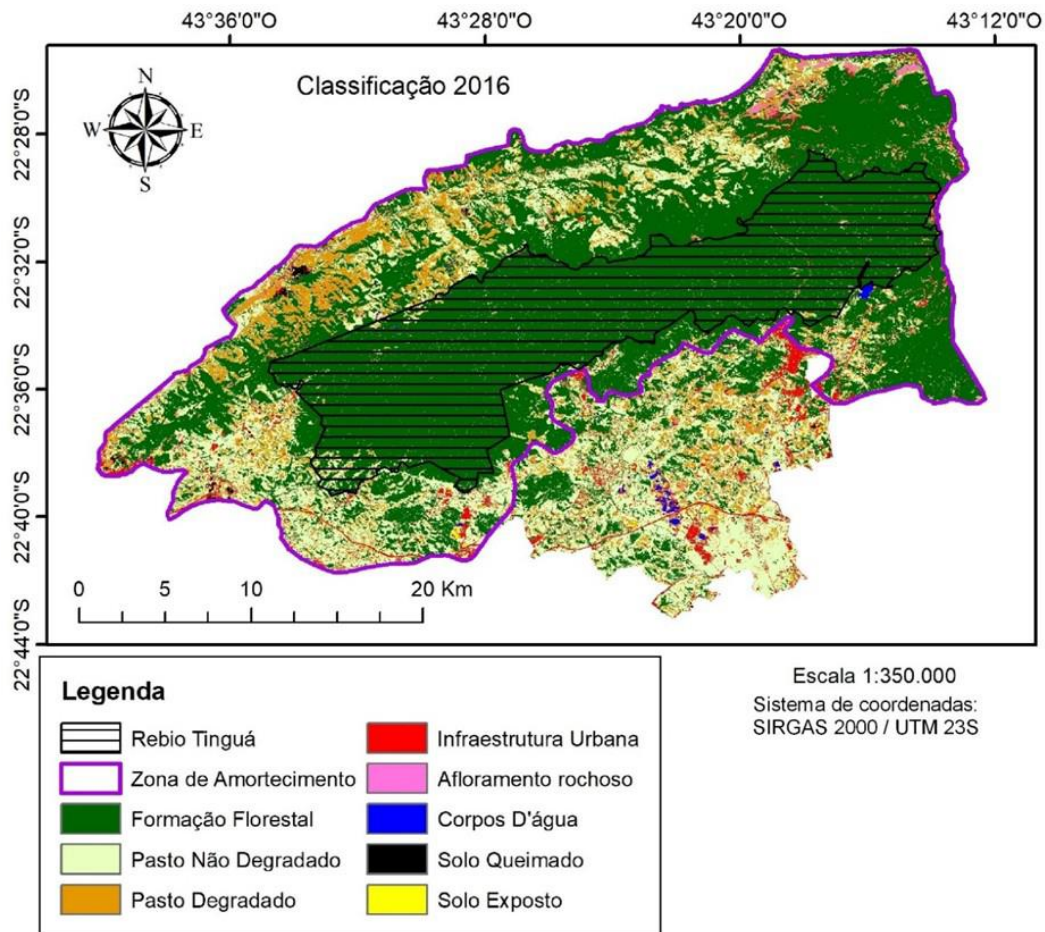


Figura 3. Mapa temático de uso do solo, resultante da classificação supervisionada referente ao ano de 2016. Fonte: O autor (2021).

Nas figuras 2 e 3, é possível identificar classes de Pasto Degradado e 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 Iguazu, fora da zona de amortecimento.

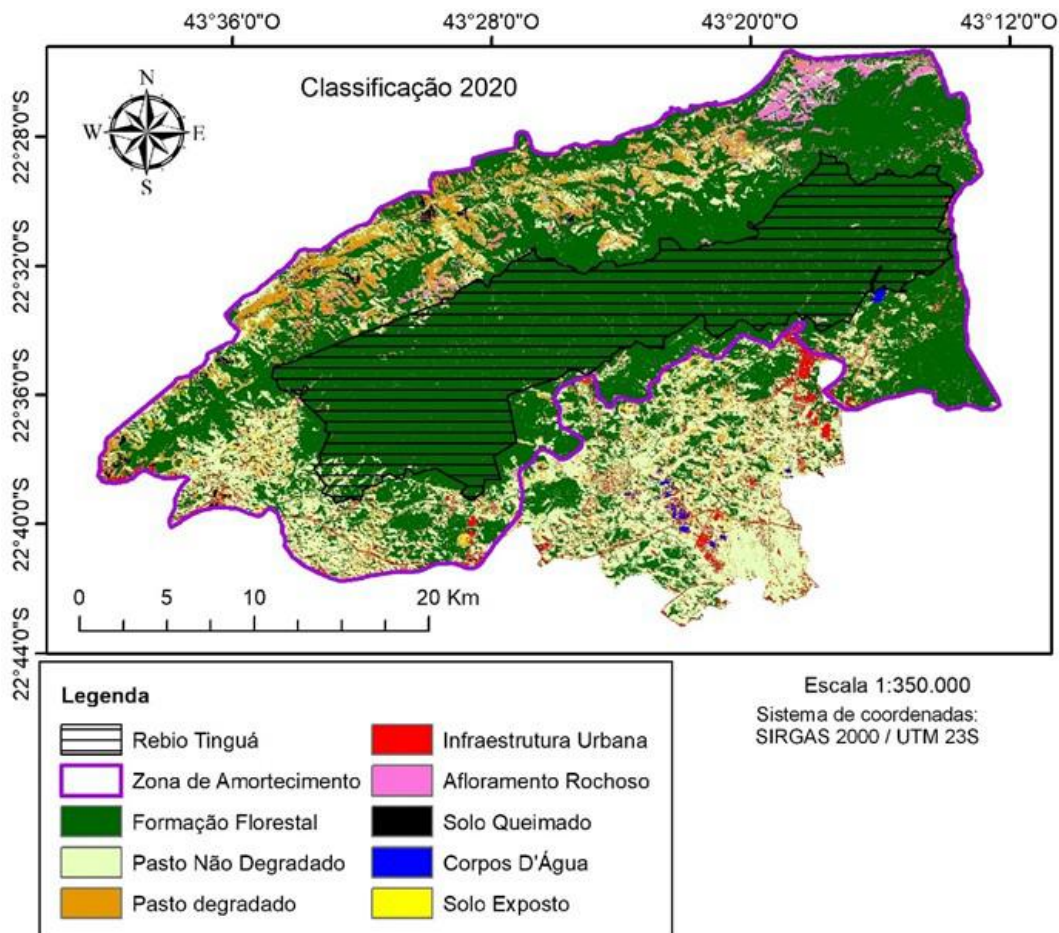


Figura 3. Mapa temático de uso do solo, resultante da classificação supervisionada referente ao ano de 2020. Fonte: O autor (2021)

Estimativa de Acurácia

Os Quadros 2 e 3 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.

QUADRO 2 – MATRIZ DE CONFUSÃO DAS CLASSES DEFINIDAS NA AQUISIÇÃO DE AMOSTRAS DO ANO DE 2016.

Classes	V Classified	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
Total		7211	772	1667	1224	2334	4009	518	349	18084

Fonte: O autor (2021)

QUADRO 3 – MATRIZ DE CONFUSÃO DAS CLASSES DEFINIDAS NA AQUISIÇÃO DE AMOSTRAS DO ANO DE 2020.

Classes	V Classified	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
Total		4875	880	1359	1742	1214	606	2565	693	13934

Fonte: O autor (2021)

Para o ano de 2016, ocorreu um número muito reduzido de confusão para algumas classes, a maior sendo entre as classes 2 e 3. Para o ano de 2020, ocorreu confusão mais significativa entre as classes 5 e 3, e entre as classes 6 e 4. Esses resultados de confusão podem explicar o acréscimo acentuado de Afloramento Rochoso classificado para o período estudado.

Os Quadros 4 e 5 apresentam distribuição da acurácia e dos valores de Kappa por classe definidas para os anos de 2016 e 2020, respectivamente.

QUADRO 4 – DISTRIBUIÇÃO DA ACURÁCIA E DOS VALORES DE KAPPA POR CLASSE DO ANO DE 2016.

Classes	Producer accuracy [%]	User accuracy [%]	Índice Kappa
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

Fonte: O autor (2021)

QUADRO 5 – DISTRIBUIÇÃO DA ACURÁCIA E DOS VALORES DE KAPPA POR CLASSE DO ANO DE 2020.

Classe	<i>Producer accuracy [%]</i>	<i>User accuracy [%]</i>	Índice Kappa
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

Fonte: O autor (2021)

Para os anos de 2016 e 2020, todas as classes apresentaram índice Kappa acima de 0,80; portanto, são consideradas excelentes, exceto a classe 6 em 2020 – considerada boa. Ou seja, representando um elevado nível de concordância (ou reprodutibilidade) para o mapeamento realizado. Legitimando a classificação dos mapas temáticos obtidos.

Além disso, é observado que as classificações com valores 0.96 e 0.97 (Quadros 6 e 7), respectivamente, de índice Kappa são consideradas excelentes quando se avaliadas pela Tabela 1, desenvolvida por Landis e Koch (1977).

QUADRO 6 – 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

Fonte: O autor (2021)

QUADRO 7 – 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
-------	------

Fonte: O autor (2021)

CONCLUSÕES

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'ouros, Alto Iguaçu e Tinguá. A vegetação permaneceu praticamente inalterada nessa área para o período estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDES, Tiago. Caracterização do ambiente agrícola do complexo Serra Negra por meio de Sensoriamento Remoto e sistemas de informação geográfica. 2006. 119 p. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BISPO, T. C.; LEVINO, N. de A., Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.1 – 12, out. 2011.

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

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

MAIA, M. A.; RICHTER, M. Conflitos ambientais em Unidades de Conservação de Duque de Caxias e Nova Iguaçu. In: RICHTER, M.; FARIAS, H. S.; DE SOUSA, E.M.F.R. (Org.). *Unidades de Conservação da Baixada Fluminense: contribuições para a consolidação da Baixada Verde*. Curitiba: Editora Appris, 2019, p. 81 – 103.

Ministerio do Meio Ambiente. Download de dados geograficos. [s.d.]. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 10/09/2020.

United States Geological Survey (USGS). Earth Explorer. [s.d.]. Disponível em <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 20/07/2021.