



ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA POR UNIDADES DE PAISAGEM NA BACIA DO MACACU-GUAPIAÇU - RJ

ANTHROPIC TRANSFORMATION INDEX BY UNITS OF LANDSCAPE IN THE MACACU-GUAPIAÇU BASIN - RJ

 Paola Nogueira da Silva ^A

 Evelyn de Castro Porto Costa ^B

 Vinicius da Silva Seabra ^A

^A Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Faculdade de Formação de Professores (UERJ / FFP), São Gonçalo, RJ, Brasil

^B Universidade Federal Fluminense / Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFF / POSGEO), Niterói, RJ, Brasil

Recebido em: 01/nov/2022 | 14/jun/2023 **DOI:** 10.12957/tamoios.2023.71054

Correspondência para: Paola Nogueira da Silva (pnpaolanogueira@gmail.com)

Resumo

A bacia Macacu-Guapiaçu tem grande importância socioambiental para o estado do Rio de Janeiro, pois é responsável pelo abastecimento de água de grande parte da população do leste metropolitano, além de possuir em seu território extensos remanescentes de Mata Atlântica. Devido à importância dos remanescentes naturais nesta região, este trabalho teve o objetivo de mapear e analisar as transformações antrópicas, por unidades de paisagem, na bacia Macacu-Guapiaçu. O estudo optou em realizar as análises pelas unidades de paisagem da bacia, pois reúne em mesmas classes as paisagens com características físicas semelhantes. Como resultados desta pesquisa foram gerados mapeamentos de unidades de paisagem, a partir de dados físicos; uso e cobertura da terra, a partir de imagens Sentinel 2 por classificação de imagens baseada em objetos (GEOBIA); e índice de transformação antrópica (ITA), por unidades de paisagem.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Uso e Cobertura da Terra; ITA; Sentinel 2; GEOBIA.

Abstract

The Macacu-Guapiaçu basin is of great socio-environmental importance for the state of Rio de Janeiro, as it is responsible for supplying water to a large part of the population in the eastern metropolitan area, in addition to having extensive remnants of the Atlantic Forest in its territory. Due to the importance of natural remnants in this region, this work aimed to map and analyze anthropic transformations, by landscape units, in the Macacu-Guapiaçu basin. The study chose to carry out the analyzes by landscape units of the basin, as it brings together landscapes with similar physical characteristics in the same classes. As a result of this research, mappings of landscape units were generated from physical data; land use and land cover from Sentinel 2 imagery by object-based image classification (GEOBIA); and anthropic transformation index (ITA), by landscape units.

Keywords: Remote Sensing; Land Use And Land Cover; ITA; Sentinel 2; GEOBIA.

INTRODUÇÃO

A paisagem é um importante conceito para estudos de cunho geográfico, apoiando na compreensão das dinâmicas terrestres. Bertrand (1971) aponta que a paisagem é, em determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

A partir da visão geossistêmica é possível entender a paisagem como um sistema integrado, onde cada componente isolado não possui propriedades integradoras, pois estas propriedades somente se desenvolvem quando se estuda a paisagem como um todo (RODRIGUEZ et al, 2022). Os processos de classificação e cartografia da paisagem estarão





diretamente relacionados à escala de análise e à complexidade dos geossistemas investigados. Autores como Bertrand (1971), Sochava (1978), Ross (1992) e Rodriguez et al (2022) afirmam que o processo de classificação da paisagem pode ser realizado de diferentes formas, de acordo com os objetivos e escalas de representação.

Como unidades geoecológicas da paisagem entende-se a individualização, tipologia e unidades regionais e locais da paisagem. Rodriguez et al (2022) considera a regionalização e tipologia como atributos fundamentais na análise paisagística regional, constituindo a base das propriedades espaço-temporais dos complexos territoriais que se reproduzem pela influência dos fatores naturais e antropogênicos.

As unidades de paisagem podem ser caracterizadas como recortes espaciais de grande relevância para os estudos ambientais, pois agrupa em uma mesma área os ambientes que possuem características em comum, auxiliando na análise dos estados ambientais de determinadas paisagens.

A partir das unidades de paisagem é possível realizar diferentes análises espaciais. Uma possibilidade de analisar o grau de transformação dos usos e coberturas de unidades de paisagens é a partir do uso de indicadores, que apoia na compreensão dos estados ambientais e analisando o comprometimento de recortes espaciais a partir da distribuição dos seus usos e coberturas. Um indicador que auxilia nesse processo é o ITA.

O Índice de Transformação Antrópica (ITA) é aplicado em circunstâncias nas quais o objetivo seja adquirir resultados quantificados sobre pressões exercidas em um determinado recorte espacial com base no percentual do uso e cobertura. A sua proposta de análise é eficaz, visto que, além de quantificar, esse método permite avaliar o grau das pressões resultantes das mudanças de uso e cobertura da terra que ocorre em cada componente da paisagem analisada. Neste trabalho, o ITA será utilizado para quantificar a pressão antrópica da Bacia Hidrográfica Macacu-Guapiaçu.

A bacia hidrográfica é um recorte espacial de grande relevância para as análises espaciais em geografia. Dentre as bacias de grande relevância no Estado do Rio de Janeiro encontra-se a Bacia Macacu-Guapiaçu, composta pelos rios Macacu e Guapiaçu, que estão inseridos em áreas de grande importância econômica e em contínuo crescimento populacional nas últimas décadas. Essa bacia se localiza no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro (LLERJ).

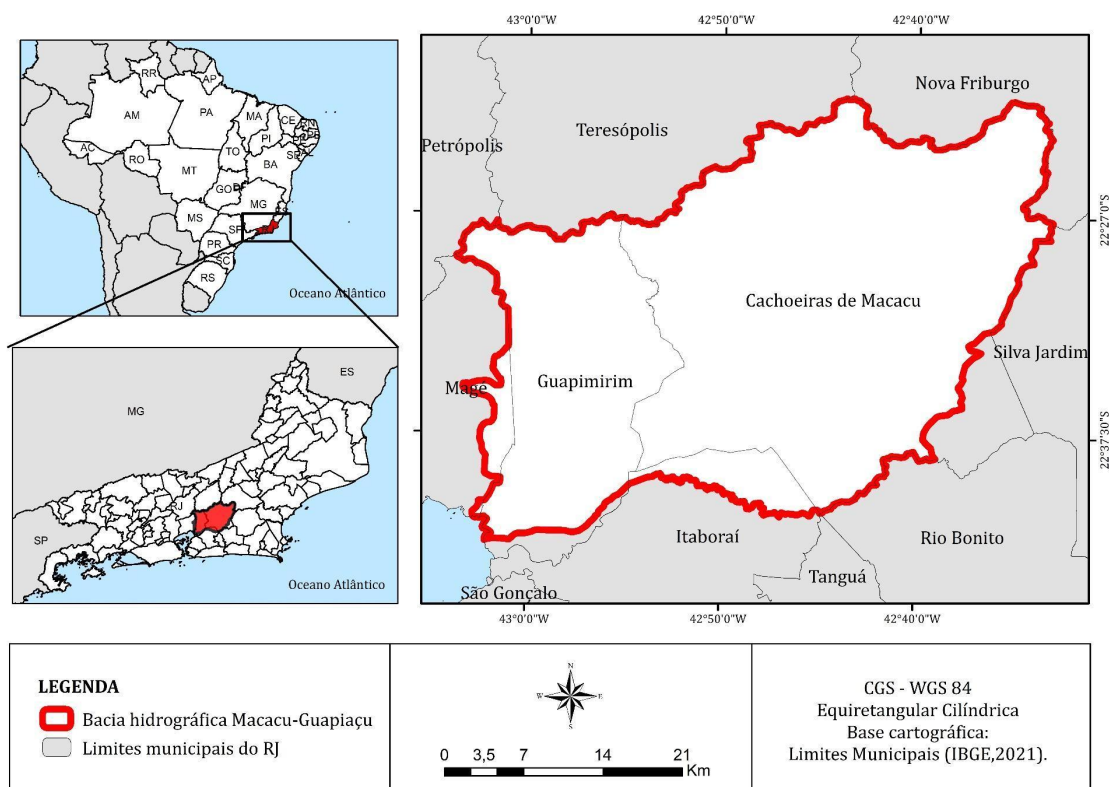
O LLERJ pode ser descrito como o recorte espacial que engloba todas as bacias que drenam para a porção leste da Baía de Guanabara, para as lagoas de Maricá, Saquarema e Araruama e para o litoral oceânico compreendido entre as praias oceânicas de Niterói e o litoral de Casimiro de Abreu (SEABRA e AUGUSTO, 2018). A bacia Macacu-Guapiaçu (Figura 1) desagua à leste da baía de Guanabara, e perpassa por diferentes municípios que compõem a região metropolitana, tais como: Cachoeiras de Macacu, Itaboraí, Magé e Guapimirim.

Essa bacia tem grande relevância nos estudos geográficos, tendo em vista sua localização estratégica e o dinamismo socioeconômico envolvendo a região no qual está inserida. Segundo Santos (2020), além de serem responsáveis pelo abastecimento de cerca de 2 milhões de habitantes nos municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói, tem-se ainda uma série de intervenções ocorrendo nas bacias dos rios



Macacu e Guapiaçu, em virtude da construção do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ).

Figura 1 - Mapa da Área de Estudos



Fonte: Elaborados pelos autores

As principais transformações antrópicas da bacia das últimas décadas estão associadas a construção do COMPERJ e sua influência na região. O COMPERJ, no município de Itaboraí, proporcionou uma série de intervenções nessas áreas, tais como, especulação imobiliária, aumento do contingente populacional, grande fluxo de pessoas e materiais, entre outros fatores que contribuem com a pressão e impactos sobre a biodiversidade da bacia (SANTOS, 2020).

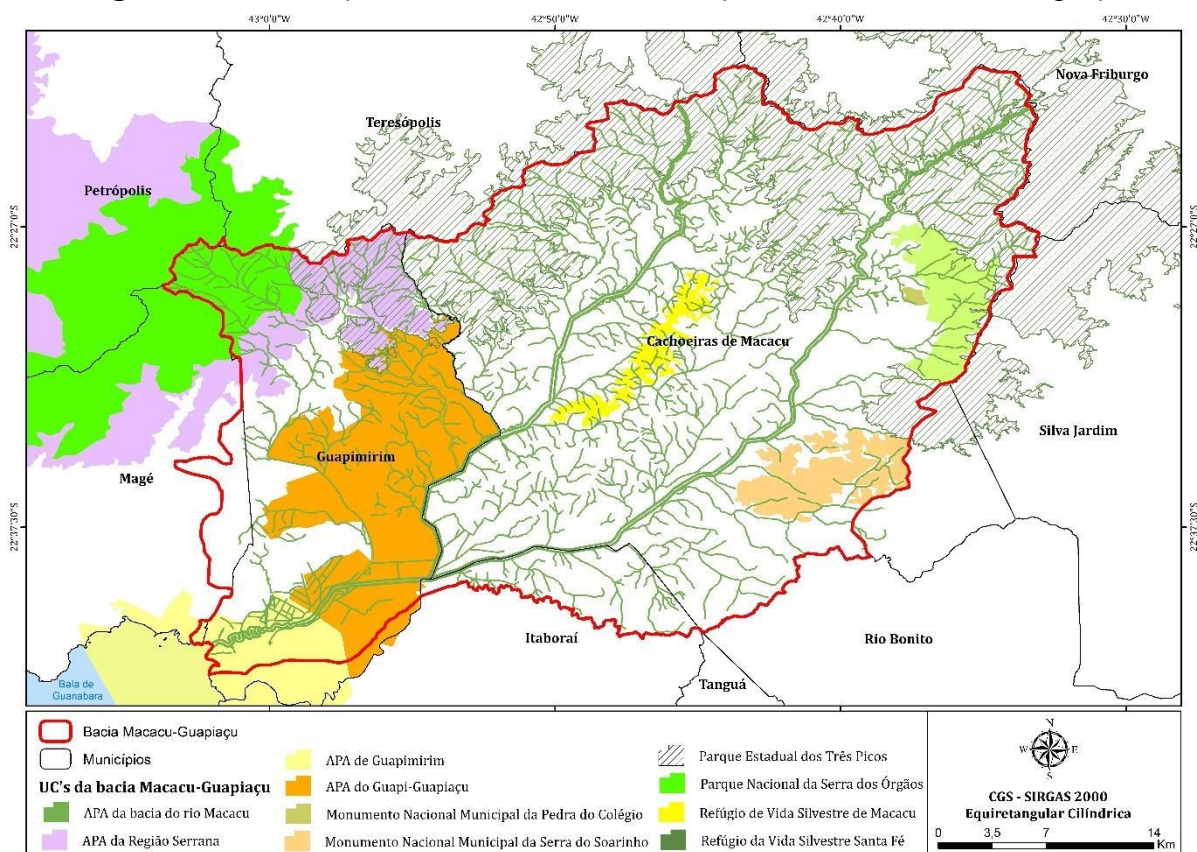
A área de estudos é integrada por aspectos de grande relevância para investigações, seja do ponto de vista ambiental devido sua biodiversidade, seja do ponto de vista estratégico, pois é fundamental para o abastecimento de água da população do leste fluminense. Além disso, é uma área que apresenta grande dinamismo desde a última década, devido aos projetos associados à indústria petroquímica para essa região.

Na perspectiva ambiental é possível observar a grande quantidade de Unidades de Conservação (UC) existentes na Bacia (figura 2). Destaca-se que totalizam 10 unidades em toda a área, parcialmente ou totalmente incididas na Bacia, sendo 3 protegidas pela esfera federal, 2 pelo governo estadual, e 5 pela Secretaria de Meio Ambiente do Município de Cachoeiras de Macacu. As UCs de maiores incidências da bacia correspondem ao Parque



Estadual dos Três Picos, à Norte da Bacia e a APA da Bacia do Rio Macacu, que protege todos os corpos hídricos da bacia.

Figura 2 – Localização das unidades de conservação da Bacia Macacu-Guapiaçu



Fonte: Os autores (2023). Base de dados: Inea

Tendo em vista a relevância da área de estudos, o objetivo desta pesquisa é analisar a transformação antrópica, a partir das unidades de paisagem na bacia Macacu-Guapiaçu no intuito de gerar dados que contribuam de forma efetiva para a gestão da bacia hidrográfica Macacu-Guapiaçu.

METODOLOGIA

Para esta pesquisa foram adotadas ferramentas geotecnológicas, com o objetivo de realizar análises espaciais da área de estudos. As geotecnologias trouxeram novas possibilidades de representar e analisar a paisagem, dentre elas pode ser citado o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto.

O SIG pode ser constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais (CAMARA, 2001). Lang e Blachke (2009), apontam que a análise da paisagem apoiada em SIG objetiva fundamentalmente gerar novas informações, o que se dá por meio da manipulação e integração com camadas de dados já existentes. O uso de geotecnologias possui grande

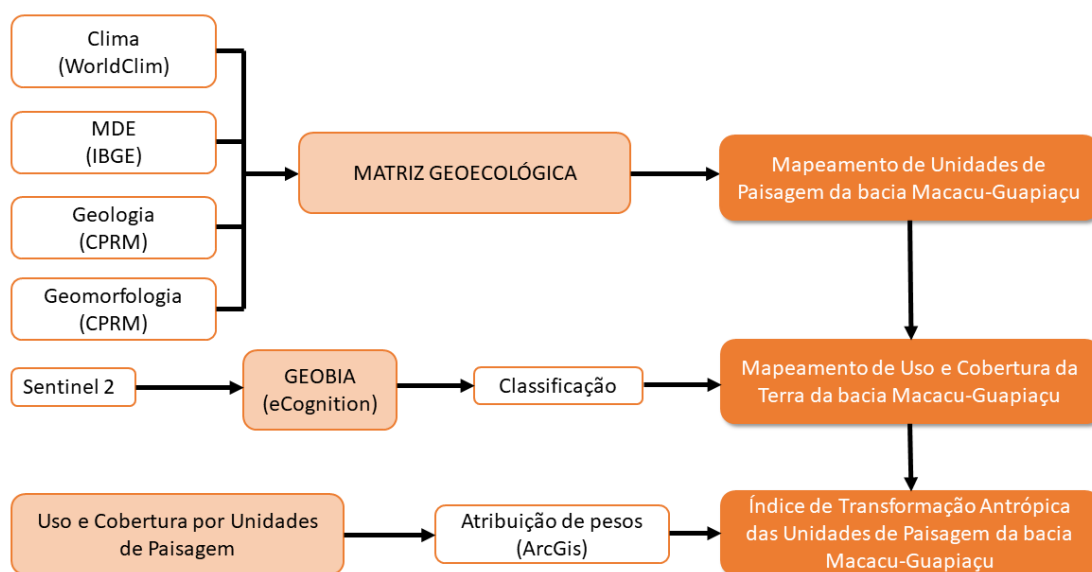


importância para o planejamento territorial e nas investigações voltadas para ambientes diversos, tendo em vista que permitem a análise da paisagem de forma sistêmica, apoiando em tomadas de decisões.

Já o sensoriamento remoto pode ser definido como a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com ele (JENSEN, 2009). Novo (2010) complementa apontando que o sensoriamento pode ser compreendido como o conjunto de sensores, equipamentos e processamentos associados à interação eletromagnética. Esse recurso permite realizar análises espaciais a partir das imagens obtidas, permitindo compreender fenômenos em diferentes escalas espaciais e temporais.

A partir das técnicas mencionadas, as etapas metodológicas da pesquisa encontram-se descritas no fluxograma (figura 3) sendo elas: 1) Mapeamento de unidades de paisagem, a partir do cruzamento de dados físicos da área de estudos; 2) Mapeamento de uso e cobertura da terra, a partir da classificação de imagens baseada em objetos no software *eCognition*; 3) Análise do Índice de Transformação Antrópica, a partir das unidades de paisagem e uso e cobertura da terra.

Figura 3 - Fluxograma metodológico



Fonte: Os autores

Mapeamento de Unidades de Paisagem

A primeira etapa foi realizada pelo mapeamento de unidades de paisagens da bacia Macacu-Guapiaçu, onde foram utilizados dados de clima, elevação, geologia e geomorfologia. Tais dados foram associados em uma matriz geoecológica, onde gerou-se como resultado o mapeamento dessas unidades de paisagem.

De acordo com Rodriguez et al (2022) a regionalização da paisagem consiste na delimitação de áreas que possuam uma relevante interação entre seus componentes naturais,



sendo desta forma inseparáveis do ponto de vista analítico. Esta regionalização da paisagem consistiu na delimitação de áreas que possuam uma relevante interação entre seus componentes naturais, sendo desta forma inseparáveis do ponto de vista analítico.

Dentro do ponto de vista da geoeologia das paisagens, o critério de distinção em regiões de paisagem não é a semelhança, mas a inseparabilidade, as relações espaciais e o desenvolvimento histórico, logo, cada unidade tem seu próprio nome e uma única área territorial (RODRIGUEZ et al, 2022). Já a “tipologia físico-geográfica” consiste na análise, classificação e cartografia dos “complexos físico-geográficos tipológicos” tanto naturais como modificados pela atividade humana e a compreensão de sua composição, estrutura, relações, desenvolvimento e diferenciação (RODRIGUEZ et al, 2022).

O mapeamento de unidades de paisagens é abordado por Vicens et al (2019), no qual é destacado que a regionalização e a tipologia, como métodos universais de classificação da superfície terrestre no nível regional e tem sido amplamente utilizada na ciência geográfica, sendo consideradas formas de classificação das paisagens.

Esta etapa do trabalho teve como base a metodologia aplicada por Seabra (2012) e Vicens et al (2019), que subdividiu a bacia hidrográfica do rio São João (BHRSJ) e o Estado do Rio de Janeiro a partir de regiões e tipologias da paisagem. Esta regionalização da paisagem consistiu na delimitação de áreas que possuam uma relevante interação entre seus componentes naturais, sendo desta forma inseparáveis.

O processo de regionalização começa com a elaboração, e posterior análise, de uma matriz geoeológica (tabela 1). A matriz geoeológica considera os principais aspectos naturais formadores da paisagem, e suas combinações, para a delimitação das regiões de paisagem. Nas colunas desta matriz são expostas as variáveis estáveis e estruturais, destacados pelos aspectos geológicos-geomorfológicos, tais como o relevo e a geologia. Nas linhas são expostas as variáveis hidroclimáticas, tais como clima, pluviosidade e processos geomorfológicos predominantes.

Tabela 1. Matriz Geoeológica

ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS			ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOMORFOLÓGICOS										
			Complexo de Planícies e Colinas				Complexos de Morros e Morrotes		Complexo Escarpado e Montanhoso				
			Planície Fluvial		Planície Costeira	Suavemente Colinoso	Morros	Morrotes	Escarpa da Serra do Mar	Patamares Residuais	Maciços Costeiros e Litorâneos		
Faixa Térmica	Aridez	Processos Predominantes	Depósitos Fluvio-Lagunares	Depósitos Alúvio-Coluvionares	Depósitos Fluvio-Marinhos	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Embasamento Cristalino	Rochas Alcalinas	Maciços Alcalinos	Maciços Cristalinos
Fria (< 18C)	H	PE							1				
Moderado (18C - 23C)	H/MU	PE							2	3	4	5	6 - 7
		PE+SAC					8 - 9	10					
	U	PE								11			
	PU	PE							12				
Quente (> 23C)	U	SAC					13						
		PE+SAC+SFL					14 - 15	16					
		SFL				17							
	PU	PE+SFL+SAC				18		19 - 20					
		SFL+SAC		21									
		SFL				22 - 23 - 24							
		SFL-Hm				25 - 26							
		Hm-Al	27										
		Hm-Sal	28										
		SE-SFM			29								

Fonte: os autores (2022)



Na matriz geoecológica foram considerados os seguintes aspectos naturais: Temperatura média anual; Aridez; Processos geomorfológicos predominantes; Domínios Geomorfológicos; e Litologia. A legenda correspondente a Aridez e Processos Predominantes associados à matriz geoecológica possuem como legendas (tabela 2):

Tabela 2 - Descrição da Matriz Geoecológica

SIGLAS	PROCESSOS PREDOMINANTES
PE	Processos Erosivos
SAC	Sedimentação Aluvio-Coluvionar
SFL	Sedimentação Fluvio-Lagunar;
HM	Hidromorfismo
Al	Saturação em Alumínio
Sal	Salinização
SE	Sedimentação Eólica
SFM	Sedimentação fluviomarinha
SIGLAS	ARIDEZ
H	Hiperúmido
UM	Muito Úmido
U	Úmido
PU	Pouco Úmido

A partir do cruzamento destas variáveis, associando-as é possível delimitar as diferentes unidades de paisagem, de acordo com suas características em comum. Neste processo foram identificadas 8 unidades de paisagem em Bacia, que foram delimitadas com maior detalhe com auxílio de imagens Sentinel 2.

Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra

A segunda etapa consiste no mapeamento de uso e cobertura da terra, dessa forma, foram adotadas imagens Sentinel 2 (sensor MSI). A escolha desse sensor está associada a ampla resolução espacial, que varia de 10m a 30m, além da sua resolução espectral, que permite a composição de diferentes índices radiométricos.

Como metodologia do mapeamento, foi adotado a classificação de imagens orientada à objetos (GEOBIA), que se diferencia das demais técnicas de classificação por sua possibilidade de análise a partir do contexto. Há diferentes estudos que fazem uso do GEOBIA para classificação de imagens em diferentes recortes de estudos, tais como: Cruz et al (2007), Seabra (2012), Costa (2019).

Lang (2008) destaca que o GEOBIA permite a criação de uma hierarquia entre classes, permitindo heranças entre elas. Francisco e Almeida (2012) apontam que o GEOBIA utiliza ao invés do nível de pixel, segmentos geométricos e variáveis como localização, textura, contexto e relação semântica entre classes ou objetos, com isso, este método se destaca do tradicional pelo fato de considerar uma vasta gama de informações extraídas dos objetos.



Nesse sentido, os processos de segmentação, coleta de amostras, modelagem do conhecimento e classificação foram realizadas no software eCognition.

Para iniciar o processo de classificação do uso e cobertura da terra nas imagens, foram inseridas em um projeto criado no software eCognition, onde foram inseridas 10 das 13 bandas espectrais disponíveis pelo sensor. As bandas 1, 9 e 10 foram descartadas por não se adequarem aos objetivos do mapeamento. Além destas bandas, foram utilizados 10 índices radiométricos que auxiliaram na classificação, e que também se encontram disponíveis para outras investigações científicas, dentre eles: NDVI, SAVI 1, SAVI 2, NDWI, NDWI 2, GNDVI, NDBI, MNDWI, RE-NDWI e Red Edge NDVI (tabela 3).

Tabela 3 - Características dos índices utilizados

Índice	Algoritmo	Potencialidade
NDVI	$(B08 - B04) / (B08 + B04)$	Vegetação
SAVI 1	$(B08 - B04) / (B08 + B04 + 0.5) * (1.0 + L1)$	Vegetação
SAVI 2	$(B08 - B04) / (B08 + B04 + 0.9) * (1.0 + L2)$	Vegetação
NDWI	$(B08 - B11) / (B08 + B11)$	Água
NDWI 2	$(B03 - B08) / (B03 + B08)$	Água
GNDVI	$(B08 - B03) / (B08 + B03)$	Vegetação
<u>NDBI</u>	<u>$[(B11 - B08) / (B11 + B08)]$</u>	Áreas construídas
MNDWI	$[(B03 - B11) / (B03 + B11)]$	Água
RE-NDWI	$[(B03 - B05) / (B03 + B05)]$	Vegetação
<u>Red Edge NDVI</u>	<u>$[(B08 - B06) / (B08 + B06)]$</u>	Vegetação

$$^1 L1=0,5 / ^2 L2=0,9$$

Fonte: Adaptado de SentinelHub, 2018.

Todos os índices e médias das bandas espectrais foram incorporadas a um projeto no software eCognition, onde foi aplicada a segmentação. Os parâmetros foram de peso igual para as médias das bandas (peso 1), forma 0,1 e compacidade 0,5. O parâmetro de escala foi do de 100, já que foi o que melhor se adequou às nossas perspectivas de definição de objetos. Chegou-se a este valor a partir de diferentes testes e observações. As classes foram definidas com conhecimento da área e da literatura, onde foram definidas como:

- Afloramento Rochoso: exposição natural de rocha na superfície;
- Complexo Industrial: Área de construção do COMPERJ
- Mangue: vegetação associada às margens de rios, onde haja encontro de águas de rios com a do mar;
- Solo Exposto: solos preparados para construção civil e mineração;
- Corpos Hídricos: Lagoas, espelhos d'água, rios e lagos artificiais;
- Área Urbana: áreas com estrutura urbana, caracterizadas pela concentração de núcleos populacionais.
- Floresta: cobertura arbórea típica de mata atlântica;
- Áreas Úmidas: áreas de inundação temporária, ou não permanentes;



- Agropasto: áreas de agricultura e solos preparados para cultivos, ou vegetação rasteira (gramíneas);

Na etapa seguinte, foram colhidas de 15 a 20 amostras, aproximadamente, para cada classe. Com a análise do comportamento espectral de cada uma das classes foi possível construir a rede semântica de classificação, e posteriormente dar início à modelagem. Além das informações de trabalho de campo, em muitas situações foram utilizados recursos de imagens de sensores de alta-resolução espacial, disponíveis no Google Earth.

Para ser possível fazer análises eficientes na área de estudos, foi realizada uma validação aleatória e estratificada, fazendo uso das imagens do Google Earth. Lopes (2009) atestou a fidelidade geométrica das imagens do Google Earth em comparação com bases de dados utilizadas em mapeamentos, estando passíveis de serem utilizadas para validação.

Dessa forma, através da matriz de confusão gerada (Tabela 4) através dos pontos validados no Google Earth é possível analisar as principais dificuldades e limitações da classificação gerada.

Tabela 4 - Matriz de Confusão do Mapeamento de Uso e Cobertura

Classes	Verdade Terrestre									Total	Acurácia
	Afloramento Rochoso	Complexo Industrial	Mangue	Solo Exposto	Corpos Hídricos	Área Urbana	Floresta	Áreas Úmidas	Agropasto		
Afloramento Rochoso	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	100%
Complexo Industrial	0	4	0	0	0	0	0	0	4	8	50%
Mangue	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	100%
Solo Exposto	0	0	0	3	1	3	0	0	2	9	33%
Corpos Hídricos	0	2	8	0	154	9	16	14	14	217	71%
Área Urbana	0	0	0	1	1	110	36	1	56	205	54%
Floresta	3	0	7	2	7	25	211	6	92	353	60%
Áreas Úmidas	0	2	0	0	7	0	0	20	6	35	57%
Agropasto	12	7	0	2	4	37	90	4	192	348	55%
Total	25	15	17	8	174	184	353	45	366	1187	
Erro do Produtor (omissão)	40	26,67	11,76	37,5	88,51	59,78	59,77	44,44	52,46	100	
Erro do Usuário (comissão)	100	50	100	33,33	70,97	53,66	59,77	57,14	55,17	100	

Fonte: Os autores

Os erros do produtor, ou seja, aqueles que houveram omissão por parte da classificação, apontam que as classes de mangue, campo industrial e solo exposto foram as mais omitidas. Já os erros do usuário, ou seja, aqueles que foram classificadas equivocadamente pelo mapeamento, apontam que as classes de solo exposto, área urbana, agropasto foram as mais comissionadas ou confundidas com outras classes.

A matriz de confusão aponta que a classe de afloramento rochoso e mangue tiveram uma acurácia 100%, enquanto a classe de solo exposto teve o desempenho mais baixo, de 33%. Como resultados da validação obteve-se uma Taxa de Exatidão Total de 0,59 e um Índice Kappa de 0,47, que corresponde a um resultado bom, conforme apontado por Landis e Koch (1977) – (Tabela 5):

**Tabela 5 – Índice de Qualidade Kappa**

Valor de Kappa	Qualidade
<0,0	Péssima
0,0 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muito Boa
0,80 – 100	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Mapeamento de Índice de Transformação Antrópica

O Índice de Transformação Antrópica (ITA) possibilita mensurar a pressão antrópica sobre algum componente da paisagem, além de quantificar esse método, permite avaliar o grau de antropização específico que ocorre em cada unidade ambiental da paisagem analisada (RODRIGUEZ et al, 2022). O ITA foi desenvolvido por Lèmechev (1982) e posto em prática por Mateo (1984;1991), Vicens (1998), Teixeira (2003), Richter (2004), Schwenk e Cruz (2008), Gouveia et al. (2013), Seabra et al (2022), entre outros autores que aplicam estudos que objetivam quantificar as pressões sofridas num componente da paisagem, podendo ser aplicado seja no recorte de bacia hidrográfica, áreas de proteção, unidades de paisagem, municípios, setores censitários, dentre outros.

O ITA é definido pelo somatório dos percentuais de uso nas unidades de paisagem (% uso na unidade) multiplicados pelo peso da classe (que representam o grau de transformação), divididos por 100. Ou seja, $ITA = \sum (\% \text{ uso na unidade de paisagem} \times \text{peso}) / 100$

$$ITA = \sum (\% \text{USO} \times \text{PESO}) / 100$$

Em que:

USO = áreas em valores percentuais da classe de uso e cobertura;

PESO = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica, variando de 1 a 10.

Os pesos mais próximos ao seu valor máximo (10), representam áreas de maior transformação antrópica, enquanto os valores mais próximos a 1, retratam áreas de baixa transformação antrópica. Desta forma, foi estabelecido os pesos para cada classe de uso e cobertura da terra, sendo peso 1 para (%) das coberturas naturais e peso entre 2,0 a 10,0 para as classes de uso com grandes incidências de transformação antrópica, conforme consta na tabela 5:

**Tabela 6 - Pesos atribuídos aos usos**

Coberturas Naturais	Peso	Usos	Pesos
Afloramento Rochoso, Floresta, Mangue, Corpos Hídricos, Áreas Úmidas	1	Agropasto	6,5
		Áreas Urbanas	9
		Solo Exposto	9,5
		Complexo Industrial	10

Fonte: Adaptado de Lémechev (1982)

É importante salientar que os pesos adotados, para cada uso e coberturas naturais, foi atribuído pelo conhecimento sobre a área de estudos dos autores deste trabalho. Visto que, o trabalho de Rodrigues et al (2014), menciona que cada classe apresenta um peso atribuído em função do conhecimento que o autor tem sobre elas em relação ao grau de antropização.

Os pesos foram atribuídos de acordo com o grau de transformação ou impacto associado a classe na área de estudo. Essa análise foi possível devido à realização de um trabalho de campo e uma análise espacial na Bacia Hidrográfica em estudo.

Mateo (1984) aponta que cada classe deve ter peso atribuído em relação ao conhecimento dos pesquisadores da área de estudos, dando pesos relacionados as classes que estão associadas a antropização. Nesse sentido, os pesos foram atribuídos por meio de consulta sistemática de pesquisadores, adotando a técnica Delphi, conforme adotado por pesquisas que adotaram ITA, como Schwenk e Cruz (2008) e Rodrigues et al (2015).

Nesse sentido, o complexo industrial é a área de maior incidência de impactos associados à região, devido a pressão ambiental associada, tais como o escoamento do esgoto, a proximidade com o mangue e unidades de conservação próximas, a dimensão espacial do complexo em relação aos tamanhos dos municípios em análise. Por este motivo foi adotado o peso 10.

Os solos expostos da região, muito associados a obras de engenharia e intervenção antrópica direta obtiveram com o peso 9,5. Enquanto as áreas urbanas que também incidem pressões as coberturas naturais obtiveram peso 9.

A classe de agropasto, que contempla grande parte da área de estudos, associado a agricultura, áreas de pastagem e gramíneas. Tais recortes foram transformados e ocasionam menos danos ao ambiente associado, recebendo então peso 6,5.

As demais classes de coberturas naturais, tais como Afloramento Rochoso, Floresta, Mangue, Corpos Hídricos, Áreas Úmidas receberam peso 1, devido a estas coberturas não possuírem influência nas transformações antrópicas.

Para realização das análises do Índice de Transformação Antrópica (ITA), foi utilizado o software ArcGis no qual foi possível interseccionar o mapeamento de uso e cobertura da terra com os limites das regiões de paisagem na bacia Macacu-Guapiaçu. A partir desse cruzamento foi possível realizar o cálculo do ITA para cada região da paisagem da bacia.

A fim de facilitar a interpretação dos dados, esta pesquisa adotou classes que variam a intensidade da transformação, com classes que variam entre 0 (paisagem não transformada) até 10 (paisagem muito transformada). A análise das medidas de tendência central do ITA pode ajudar na compreensão da distribuição, e concentração das transformações antrópicas



em toda área de estudos. A classificação do ITA pode ser compreendida a partir da tabela 7 formulada com o objetivo de agrupar valores e organizar a representação espacial.

Tabela 7 - Classificação do ITA

Paisagem	ITA
Paisagem Extremamente Transformada (PET)	entre 7,51 e 10
Paisagem Muito Transformada (PMT)	entre 5,01 e 7,50
Paisagem Transformada (PT)	entre 2,51 e 5,00
Paisagem Pouco Transformada (PPT)	entre 0,00 e 2,50.

Fonte: Os autores (2022)

A terceira etapa foi gerada a partir dos dados gerados na primeira e segunda etapa, onde foram interseccionadas as unidades de paisagem da bacia ao mapeamento de uso e cobertura da terra. Como resultado, foi gerado um mapeamento com os índices de transformação antrópica de cada unidade de paisagem, sendo possível analisar as áreas de maior e menor transformação antrópica.

RESULTADOS

Como resultados, foram gerados três mapeamentos da Bacia Macacu-Guapiaçu, sendo eles: 1) Mapeamento de unidades de paisagem, 2) Mapeamento de uso e cobertura, e 3) Mapeamento de índice de transformação antrópica.

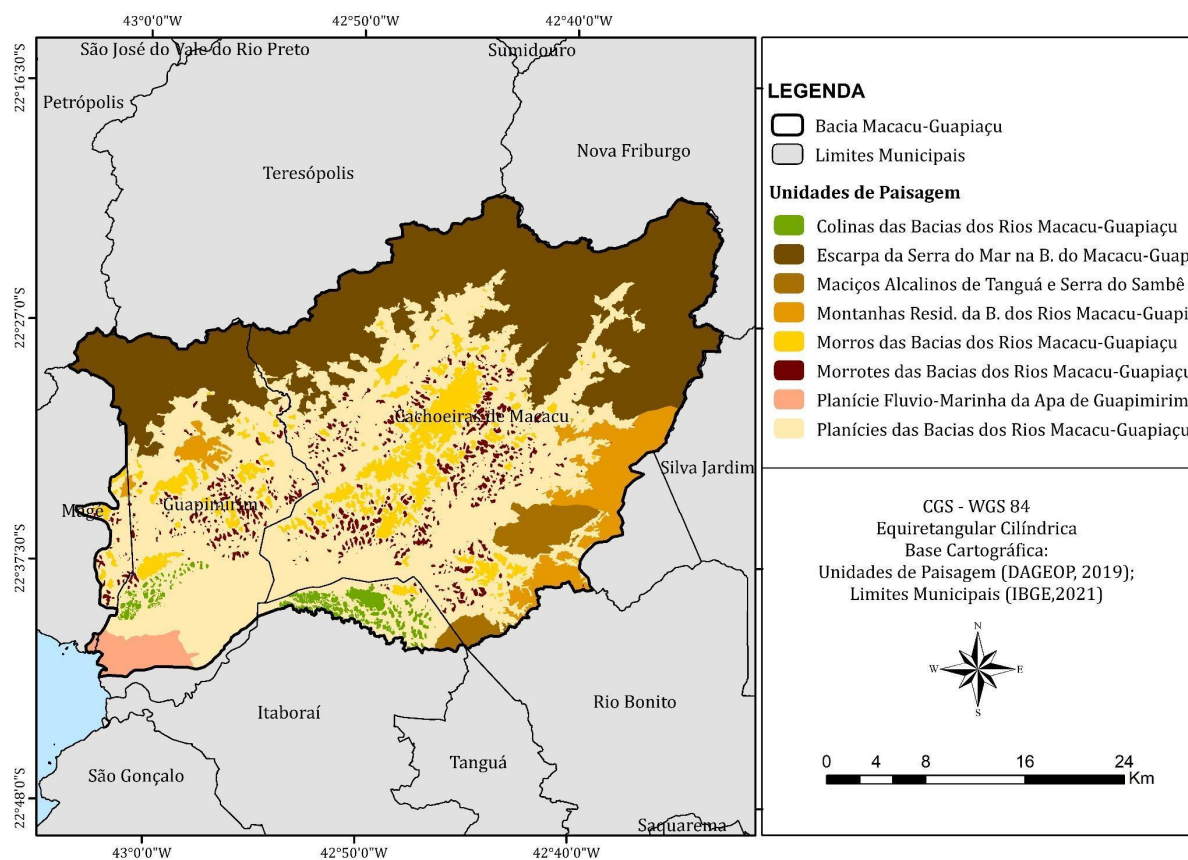
Unidades de paisagem

A partir do mapeamento das Unidades de Paisagem (Figura 4) foram obtidas 08 unidades de paisagens para a bacia Macacu-Guapiaçu, sendo elas: Colinas das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu totalizando uma área de 19,19 km; Escarpa da Serra do Mar na Bacia do Macacu-Guapiaçu com área total de 420,84 km; os Maciços Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê com 33,32 km; Montanhas Residuais das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu com área de 67,39 km; os Morros das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu totalizando 85,85 km; já os Morrotes das Bacias do Rios Macacu-Guapiaçu possuem 41,61 km; a Planície Fluvio-Marinha da Apa de Guapimirim totaliza 21,69 km; por fim, possuindo maior área, as Planícies das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu totalizam 610,99 km.

Essas unidades foram concebidas através da matriz geoecológica, portanto, as áreas foram nomeadas conforme sua característica ambiental primária, seja ela geomorfológica, geológica ou climática, na qual ocasionalmente utilizou-se de nome dos lugares locais para sua denominação.



Figura 4 - Mapa de unidades de paisagem da bacia Macacu-Guapiaçu



Fonte: Os autores.

Através da tabela 8 é possível verificar que as maiores unidades correspondem a Planícies das bacias dos rios Macacu-Guapiaçu na parte central da Bacia e Escarpa da Serra do Mar na Bacia do Macacu-Guapiaçu, que se encontra em grande e contínuo fragmento à norte da bacia. Além desses maiores recortes, encontram-se diversidade de paisagens descontínuas em diferentes locais da bacia, conforme apontado no mapa, sendo os menores as Colinas das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu e Planície Fluvio-Marinha da APA de Guapimirim, respectivamente.

**Tabela 8-** Análise quantitativa das unidades de paisagem da Bacia Macacu-Guapiaçu

UNIDADES DE PAISAGEM	ÁREA (KM ²)
Colinas das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	19,19
Escarpa da Serra do Mar na Bacia do Macacu-Guapiaçu	420,84
Maçios Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê	33,32
Montanhas Residuais das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	67,39
Morros das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	85,85
Morrotes das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	41,61
Planície Fluvio-Marinha da Apa de Guapimirim	21,69
Planícies das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	610,99
TOTAL	1.300,88

Fonte: Os autores.

A partir da análise das unidades de paisagem da bacia é possível compreender os diferentes padrões de paisagem heterógenas existentes na região, contribuindo para análises de gestão e planejamento territorial.

Uso e Cobertura da Terra

A partir do mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia Macacu-Guapiaçu (Figura 5), é possível compreender a distribuição espacial da cobertura natural e os usos da área estudada, bem como descrever as classes de floresta, agropasto e áreas urbanas como mais predominantes dessa região. Ressalta-se que o uso de imagens Sentinel, bem como os índices adotados são o diferencial deste mapeamento. Outro aspecto importante de ser tratado é a legenda das classes de uso e cobertura da terra, que aborda com maior detalhamento as classes existentes na área de estudos.

Com base no presente mapeamento e nos dados quantificados, foram analisados os dados referentes a bacia, onde a classe mais expressiva é a de florestas (54,36%). Pode-se associar este percentual as unidades de conservação presentes na bacia, como a APA da bacia Macacu e o Parque Estadual dos Três Picos, que possui um extenso território. A classe Agropasto representa cerca de 37,80% da bacia, que pode ser associada as atividades agropastoris na região. As áreas urbanas também se encontram bastante presente na área de estudos, com 3,27%.

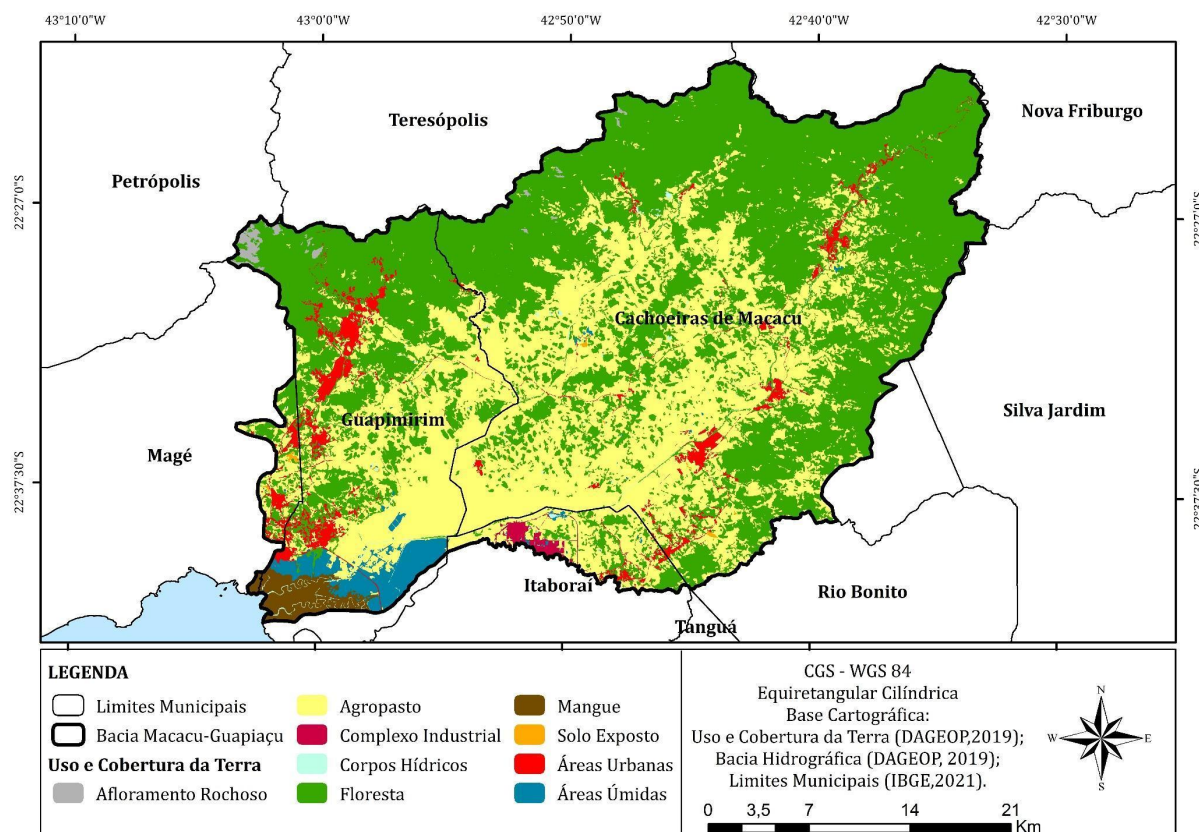
Próximo à urbanização, é possível encontrar a classe de solo exposto no município de Magé. A partir do mapa, nota-se que no município de Itaboraí, há a classe de Complexo Industrial, onde se localiza a COMPERJ. A classe Mangue também está presente de forma expressiva no município de Guapimirim, bem como as áreas úmidas. Já na divisa da bacia com o município de Petrópolis, é possível visualizar a classe de afloramento rochoso. Por fim, os corpos hídricos cobrem uma área de 5,10 Km² com 0,39%.

Em relação a análise espacial das unidades de paisagem, a classe de Afloramento Rochoso encontra-se prioritariamente na Escarpa da Serra do Mar. As áreas úmidas, áreas urbanas e corpos hídricos estão presentes em quase todas as unidades de paisagens, contudo, não se encontram presentes nos Maçios Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê. O Complexo



Industrial, localizado no município de Itaboraí, é visível nas colinas e nas planícies das bacias dos rios Macacu-Guapiaçu.

Figura 5 - Mapa do uso e cobertura da Terra da bacia Macacu-Guapiaçu/RJ



Fonte: Os autores

A classe mangue encontra-se evidente nas planícies e o solo exposto está presente em quase todas as unidades, com exceção dos Maciços, Montanhas Residuais e da planície fluvio-marinha da APA de Guapimirim. As áreas com florestas e agropasto encontram-se presentes em todas as unidades de paisagem, contudo, há variações em seu quantitativo.

Em relação a análise do uso e cobertura por unidades de paisagem é possível destacar o percentual das classes a partir de uma análise quantitativa (tabela 9). As Colinas das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu possuem predomínio de agropasto (49,88%) por toda região, cerca de 22,67% de cobertura florestal. O Complexo Industrial ocupa cerca de 16,38% dessa unidade de paisagem. Nota-se a presença de áreas urbanas com 9,35%. A Escarpa da Serra do Mar possui predomínio de cobertura florestal (92,93%) e cerca de 5,10% do uso agropasto.

**Tabela 9 - Quantificação do Uso e Cobertura e ITA**

Classes	UNIDADES DE PAISAGEM															
	Colinas das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu		Escarpa da Serra do Mar na Bacia do Macacu-Guapiaçu		Maciços Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê		Montanhas Residuais das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu		Morros das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu		Morrotes das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu		Planície Fluvio-Marinha da APA de Guapimirim		Planícies das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Afloramento Rochoso			5,39	1,28												
Agropasto	9,57	49,88	21,48	5,10	5,81	17,42	10,48	15,54	26,79	31,21	21,69	52,14	0,69	3,16	395,25	64,69
Áreas Úmidas	0,18	0,96	0,15	0,03			0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	2,76	12,70	22,09	3,61
Áreas Urbanas	1,79	9,35	2,71	0,64			0,03	0,04	0,09	0,11	0,32	0,77	0,00	0,01	37,57	6,15
Complexo Industrial	3,14	16,38													2,03	0,33
Corpos Hídricos	0,11	0,55	0,01	0,00			0,00	0,01	0,15	0,17	0,01	0,03	0,99	4,57	3,83	0,63
Floresta	4,35	22,67	391,09	92,93	27,52	82,58	56,88	84,40	58,79	68,49	19,53	46,94	0,09	0,40	148,97	24,38
Mangue													17,17	79,15	0,03	0,00
Solo Exposto	0,04	0,20	0,00	0,00					0,00	0,00	0,04	0,09			1,23	0,20
TOTAL	19,19	100,00	420,84	100,00	33,32	100,00	67,39	100,00	85,85	100,00	41,61	100,00	21,69	100,00	610,99	100,00

Fonte: Os autores (2022)

Os Maciços Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê detêm o predomínio da cobertura florestal com 82,58%, entretanto, é visível a presença de agropasto (17,42%). As Montanhas Residuais das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu possuem grande incidência da cobertura florestal (84,40%), cerca de 15,54% dessa paisagem detêm do agropasto.

Os Morros das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu possuem o predomínio de florestas (68,49%). Nesta paisagem é notório a presença de agropasto (31,21%) e indícios de áreas urbanas (0,11%). Os Morrotes das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu detêm o predomínio do agropasto com 52,14%. Nota-se a presença da cobertura florestal (46,94%) e indícios de urbanização (0,77%) na unidade de paisagem.

A Planície Fluvio-Marinha da APA de Guapimirim detém o predomínio de Mangue com 79,15% da área, sendo notório a presença de áreas úmidas (12,70%), bem como a classe de corpos hídricos com 4,57%, sendo possível encontrar cerca de 3,16% de agropasto. Na unidade de paisagem Planícies das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu há predomínio do uso agropasto, apenas 24,38% dessa paisagem possui cobertura florestal, sendo 6,15% da área urbanizada.

Índice de Transformação Antrópica

Com o cálculo do Índice de Transformação Antrópica (ITA), obteve-se o índice de cada unidade de paisagem da bacia Macacu-Guapiaçu (Figura 6 e tabela 10). Para esta pesquisa, o ITA foi calculado para cada unidade de paisagem, permitindo compreender o grau de transformação de cada paisagem.

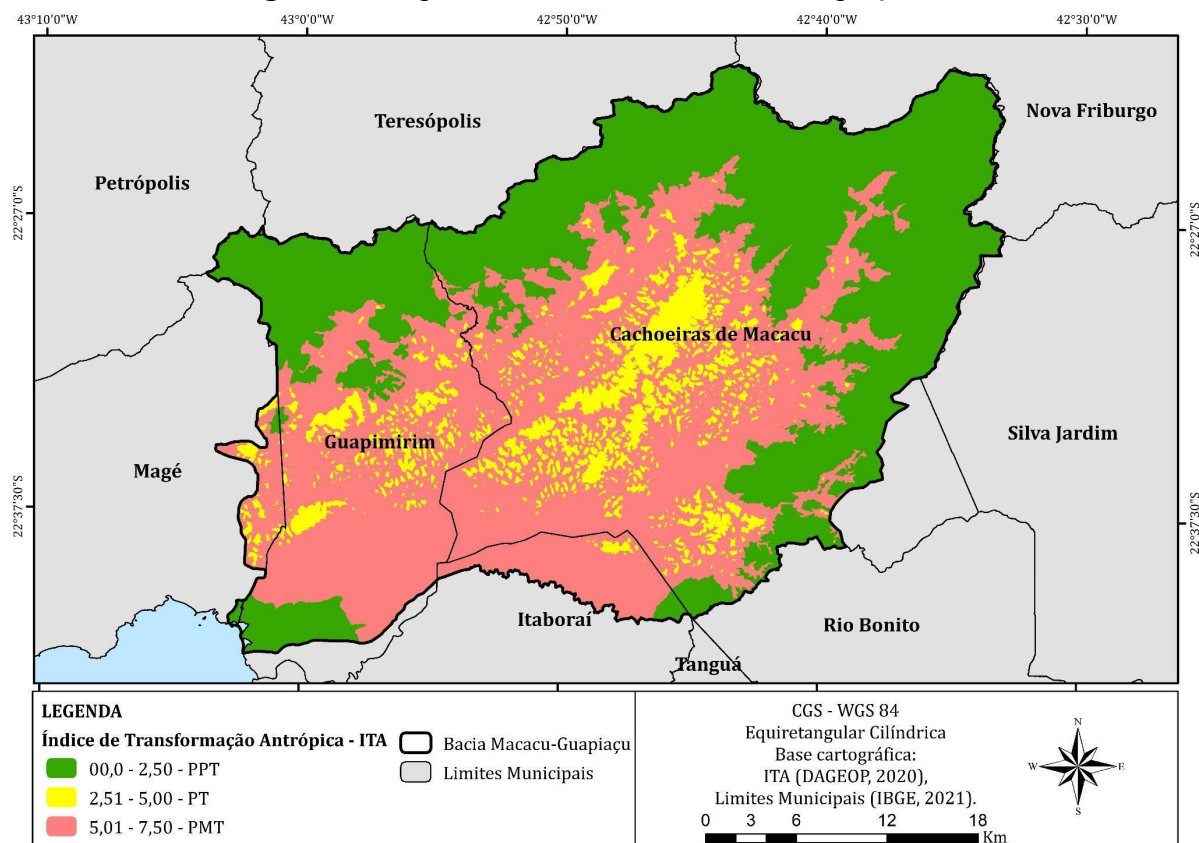
A paisagem Colinas das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu obteve o índice de 5,96, sendo classificada como uma Paisagem Muito Transformada (PMT). Já a paisagem Escarpa da Serra do Mar na Bacia do Macacu-Guapiaçu atingiu o valor de 1,33 sendo classificada como uma Paisagem Pouco Transformada (PPT).

Os Maciços Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê foi classificada como uma Paisagem Pouco Transformada (PPT) pois obteve o ITA com o valor de 1,14. As Montanhas



Residuais das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu obtiveram o valor do ITA de 1,02 sendo classificado também como uma Paisagem Pouco Transformada.

Figura 6 - Mapa do ITA da bacia Macacu-Guapiaçu /RJ



Fonte: Os autores.

Os Morros das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu atingiram o valor de 2,73, sendo assim, segundo os critérios de classificação, é uma Paisagem Transformada (PT). Os Morrotes das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu também são classificados como Paisagem Transformada (PT) pois seu ITA aponta um valor de 3,93.

A Planície Fluvio-Marinha da APA de Guapimirim é uma Paisagem Pouco Transformada (PPT), pois seu ITA atinge o valor de 0,39. Entretanto, as Planícies das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu obtêm o ITA com o valor de 5,08, sendo então classificada como uma Paisagem Muito Transformada (PMT).

**Tabela 10** – Classificação do ITA por unidades de paisagem

UNIDADES DE PAISAGEM	ITA	Classificação
Colinas das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	5,96	PMT
Escarpa da Serra do Mar na Bacia do Macacu-Guapiaçu	1,33	PPT
Maçios Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê	1,14	PPT
Montanhas Residuais das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	1,02	PPT
Morros das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	2,73	PT
Morrotes das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	3,93	PT
Planície Fluvio-Marinha da Apa de Guapimirim	0,39	PPT
Planícies das Bacias dos Rios Macacu-Guapiaçu	5,08	PMT

A partir das análises do mapeamento do ITA é possível avaliar que as áreas mais preservadas são encontradas nas áreas montanhosas, como a paisagem da Escarpa da Serra do Mar na Bacia Macacu-Guapiaçu. Outras paisagens conservadas são os Maçios Alcalinos de Tanguá e Serra do Sambê, bem como a Planície Fluvio-Marinha da APA de Guapimirim.

Também pode-se afirmar que as unidades de paisagem Colinas e Planícies das bacias Macacu-Guapiaçu estão bastante comprometidas, onde há o predomínio de agropasto, entretanto, o complexo industrial também possui grande influência no comprometimento dessas paisagens, principalmente nas colinas.

As áreas urbanas também influenciam bastante no ITA, visto que se encontram em quase todas as paisagens nas rodovias de principal acesso. Podemos concluir que o relevo e as unidades de conservação são aspectos importantes para a preservação da bacia. Essas observações são confirmadas pelo mapa de uso e cobertura e pelo mapeamento do ITA.

CONCLUSÕES

As metodologias adotadas nessa pesquisa obtiveram resultados importantes para a análise da área de estudos. O mapeamento de unidades de paisagem também é um resultado de grande importância para esta pesquisa, pois a partir desta foi atribuído uma escala de análise viável para a área de estudos, agrupando regiões de características em comum para realização das análises de transformação antrópica. Essa regionalização é uma relevante ferramenta de gestão e análise, que contribui para pesquisas de cunho geográfico.

Destacam-se também a adoção de imagens Sentinel 2 e sua resolução espacial submetidas à classificação de imagens baseada em objetos, sendo fundamental para a análise da distribuição do uso e cobertura da terra. Essa técnica se destacou das demais permitindo realizar a classificação considerando o contexto, permitindo a compreensão da distribuição dos usos e coberturas da terra na Bacia.

Ambas as metodologias adotadas possibilitaram a aplicação do Índice de Transformação Antrópica, facilitando a análise espacial das áreas de maior ou menor transformação. Assim sendo, todas as etapas metodológicas geraram resultados satisfatórios, que podem contribuir para a compreensão e gestão dos fenômenos que ocorrem na área estudada.



Dentre as análises espaciais realizadas, compreende-se a importância das unidades de conservação existentes no recorte, resguardando parte das áreas florestadas e naturais da bacia.

As áreas mais baixas, como planícies e colinas apontam serem as mais transformadas pelos usos antrópicos, enquanto as áreas de escarpas, montanhas e maciços apontaram ter as menores transformações, isso pode estar relacionado a dificuldade de acesso e transformações em áreas mais íngremes. Além disso, áreas como planícies fluviais obtiveram baixas transformações, isso se deve a criação de unidades de conservação que objetivam preservar áreas de mangues e corpos hídricos da região, por exemplo.

Apesar dos resultados apontarem transformações nas paisagens, não houveram classificações acima de 6 na escala do ITA, o que aponta que não incide na bacia paisagens extremamente transformada. Isso pode estar associado a densidade demográfica dos municípios localizados na bacia, que se tratam de médias densidades demográficas do Estado do Rio de Janeiro, bem como, a baixa diversidade de usos existentes, predominando usos de baixa pressão antrópica, tal como agropastos, por exemplo.

Considera-se que as ações de controle do desmatamento e fiscalização são muito importantes para esta bacia, e consequentemente para o desenvolvimento da região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, pois a Bacia Macacu-Guapiaçu é responsável pelo abastecimento de água de grande parte do leste metropolitano.

REFERÊNCIAS

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global – Esboço Metodológico.in: Cadernos de Ciências da Terra, nº 13 IG/USP. São Paulo. 1971.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. Introdução a Ciência da Geoinformação. São Jose dos Campos, 2001.

COSTA, Evelyn de Castro Porto. Do sal ao solo: Transformações da paisagem na planície costeira da Lagoa de Araruama entre os anos de 1929 e 2017. 2019. 145 f. Dissertação (Mestrado em Produção social do espaço: natureza, política e processos formativos em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2019.

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil. 2007.

FRANCISCO, C. N. ALMEIDA, C.M. Data Mining Techniques and GEOBIA Applied to Land Cover Mapping. In: Proceedings of the 4th GEOBIA. p.89-94. 2012.

GOUVEIA, R. G. L.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S.M. A. S. Aplicação do Índice de Transformação Antrópica, na análise multitemporal da Bacia do Córrego do Bezerra Vermelho em Tangará da Serra – MT. Revista Árvore. 37: 1045-1054. 2013.

JENSEN, John R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009.



LANDIS, J. Richard; KOCH, Gary G. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, p. 363-374, 1977.

LANG, S. Object based image analysis for remote sensing applications: modeling reality dealing with complexity. In: BLASCHKE, T. LANG, S. HAY, G. J. Object Based Image Analysis: Spatial for Knowledge Driven Remote Sensing Applications. 2008.

LANG, S; BLASCHKE, T. Análise da paisagem com SIG. Tradução de Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LÉMECHEV, T. On Hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response. *Journal of Hydrology*, v. 100, p. 357 - 375, 1982.

LOPES, E. E. Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas. 2009. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

MATEO, J. Apuntes de Geografía de Los Paisajes. La Habana: Ed. Universitaria, 1984. 194 p.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações. 4ª edição. São Paulo: Blucher, 2010.

RICHTER, M. Geotecnologias no Suporte ao Planejamento e Gestão de Unidades de Conservação Estudo de caso: Parque Nacional do Itatiaia. 2004. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

RODRIGUES, L. C.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; GALVANIN, E. A. S.; SILVA, J. S. V. Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* – Número 32 - Junho de 2014.

RODRIGUES, Luciene et al. Dinâmica da antropização da paisagem das subbacias do rio Queima Pé, Mato Grosso, Brasil. *Revista ESPACIOS* | Vol. 36 (Nº 10) Año 2015, 2015.

RODRIGUEZ, J.M.M., SILVA, E.V. e CAVALCANTI, A.P.B. Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 6 ed. Fortaleza. Edições UFC, 2022.

ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. In: *Revista do Departamento de Geografia*. No.6. São Paulo: FFLCH/USP, 1992.

SANTOS, Arthur Alves Bispo. Análise da paisagem da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu - RJ, sob os enfoques estruturais e funcionais da cobertura vegetal, a partir de perspectivas geoecológicas da paisagem. Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FFP /Departamento de Pós-Graduação em Geografia, 2020.

SCHWENK, L. M.; CRUZ, C. B. M. Conflitos socioeconômico-ambientais relativos ao avanço do cultivo da soja em áreas de influência dos eixos de integração e desenvolvimento no Estado de Mato Grosso. *Acta Sci. Agron.*, v. 30, n. 4, p. 501-511, 2008.

SEABRA, V. S.; AUGUSTO, R. C. O Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro. In: Vinicius da Silva Seabra; Rafael Cardão Augusto. (Org.). *Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento*



no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia, 2018, v. 1, p.17-38.

SEABRA, V.S. Análise da Paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à recuperação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São João. Tese (Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. 244p.

SEABRA, Vinicius S.; COSTA, E.C.P.; SANTOS, M. P.; SILVA, J.G.O. Índice de transformação antrópica das unidades de paisagem do Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro. In: SOUZA, E.M.F.R (org). Geoinformação e análise espacial : métodos aplicados a áreas - 1. ed. – Curitiba : Appris, 2023.

SOCHAVA.V.B. Introducción a la doctrina sobre los geosistemas (en ruso). Traducción José Manuel Mateo Rodriguez. Editorial Nauka, Filial de Siberia, Novosibirsk, p. 318. 1978.

TEIXEIRA, A. J. A. Classificação de bacias de drenagem com o suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – O caso da Baía de Guanabara. 156 f. 2003.

VICENS, R. S. O transporte de sedimentos em suspensão como parte da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba. 1998. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

VICENS, R. S. O transporte de sedimentos em suspensão como parte da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba. 1998. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

VICENS, Raúl Sanchez; RODRÍGUEZ, José Manuel Mateo; CRONEMBERGER, Felipe Mendes. A Paisagem Físico-Geográfica: Identificação e Classificação. Revista Brasileira de Geografia, 2019, 64.1: 202-219.

COMO CITAR ESTE TRABALHO

SILVA, Paola Nogueira da. COSTA, Evelyn de Castro Porto. SEABRA, Vinicius da Silva. Índice de transformação antrópica por unidades de paisagem na bacia do Macacu-Guapiaçu - RJ. Revista Tamoios, São Gonçalo, v. 19, n. 2, p. 14-44, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/tamoios.2023.71054>. Acesso em: DD MMM. AAAA.