

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

JANA RANGEL SILVEIRA

MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO
DO MUNICÍPIO DE RIO DAS OSTRAS - RJ

JANA RANGEL SILVEIRA

MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO
DO MUNICÍPIO DE RIO DAS OSTRAS - RJ

Monografia apresentada ao Laboratório de Meteorologia do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Integrada.

Orientador: D.Sc. Francisco Martins Teixeira

Coorientador: D.Sc. Rafael Malheiro da Silva do Amaral

Macaé, 20 de julho de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA BIBLIOTECA DO CAMPUS MACAÉ

551.5
S587m
2020

Silveira, Jana Rangel

Mapeamento e análise das alterações do uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras - RJ / Jana Rangel Silveira. --- Macaé: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Laboratório de Meteorologia, 2020.

60 f. : il.

Monografia (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Integrada)

Orientador: Francisco Martins Teixeira.

Coorientador: Rafael Malheiro da Silva do Amaral

Bibliografia: f. 47-56

1. Uso e ocupação do solo 2. Sensoriamento remoto
3. Gestão urbana 4. LULC I. Título.

JANA RANGEL SILVEIRA

MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO
DO MUNICÍPIO DE RIO DAS OSTRAS - RJ

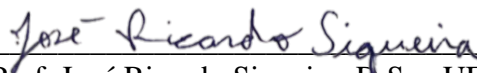
Monografia apresentada ao Laboratório de Meteorologia do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Integrada.

Aprovado em 20 de julho de 2020

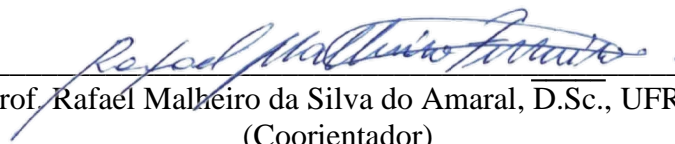
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Beatriz Rohden Becker, M.Sc., UFRJ



Prof. José Ricardo Siqueira, D.Sc., UENF



Prof. Rafael Malheiro da Silva do Amaral, D.Sc., UFRJ
(Coorientador)



Prof. Francisco Martins Teixeira, D.Sc., UFRJ
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e a *Universidade Federal do Rio de Janeiro*, pelo ensino gratuito e de qualidade e pela oportunidade de contribuir para a pesquisa nacional.

Aos professores Francisco Martins Teixeira e Rafael Malheiro da Silva do Amaral pela atenção, dedicação e apoio durante o projeto.

Aos professores integrantes da banca, Gisele Barbosa dos Santos e José Ricardo Siqueira pelo interesse e disponibilidade em avaliar o projeto.

A todos os professores da pós-graduação em Clima, Água e Energia pela elaboração das aulas e excelente ensino.

À professora Maria Gertrudes Justi pela dedicação ao programa, aos alunos e à ciência.

RESUMO

O município de Rio das Ostras é um destino turístico da mesorregião Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro. Sua população teve um rápido crescimento impulsionado pela economia do petróleo na Bacia de Campos, e o cenário rural é caracterizado por pequenos produtores e turismo rural. O recebimento de royalties pela prefeitura permitiu um peculiar investimento em qualidade de vida da população, embora alguns fatores ainda sejam prejudiciais social e ambientalmente. As análises multitemporais de uso e cobertura do solo podem contribuir para identificar alguns destes fatores e aspectos positivos destas mudanças, apontando tópicos que necessitam de maior atenção da gestão do município. O objetivo deste trabalho foi elaborar três mapas de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras (ago. de 1999, ago. de 2019 e nov. de 2019), identificando mudanças nas classes presentes na área de estudo, e apresentar medidas necessárias para uma gestão sustentável. Para isto, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-7 (para o mapa de 1999) e Sentinel-2 (para 2019), que foram processadas e classificadas no software QGIS, de acordo com os tipos de uso e cobertura do solo identificados no município. As classes identificadas foram nove: Corpo d'Água, Solo Encharcado, Vegetação Natural, Plantação de Eucalipto, Campo Agropastoril, Edificações, Solo Exposto, Afloramento Rochoso, e Outros. Os resultados mostraram que Rio das Ostras tem atualmente 50% de sua área destinada à classe Campo Agropastoril, seguida pelas classes Vegetação Natural e Edificações, com 31% e 10%, respectivamente, enquanto as outras classes são menos presentes e dividem os 9% restantes. Em 1999, a classe Campo Agropastoril também era predominante, com 64% da área do município, enquanto a classe Vegetação Natural ocupava 22% – ou seja, a vegetação natural aumentou em 9%, um dado otimista em questão de conservação da biodiversidade. Por outro lado, a expansão da cidade aumentou em 3% a área da classe Edificações, como resultado do intenso aumento populacional de Rio das Ostras. A classe Plantação de Eucalipto, ausente em 1999, agora ocupa 2% do município, uma área de 5km². Rio das Ostras possui um grande potencial na área do turismo rural, porém são necessários incentivos e programas de capacitação. Recomenda-se dois métodos de reflorestamento de mata ciliar de baixo custo financeiro: o reflorestamento natural onde há vegetação próxima, ou o reflorestamento por semeadura direta no caso de campos abertos. Na região urbana, recomendamos que sejam seguidas as propostas do Plano Diretor para o uso do solo adequado, fortalecendo a fiscalização para garantir que haja resultados positivos.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo. Sensoriamento remoto. Gestão urbana.

ABSTRACT

The municipality of Rio das Ostras is a tourist destination in the mesoregion Baixadas Litorâneas of the Rio de Janeiro state. Its population had a fast growth driven by the petroleum industry in the Campos Basin, and its rural scenario is composed by small producers and rural tourism. The government royalties acquisition allowed an interesting investment in the population's quality of life, although some factors are still harmful to society and to the environment. The multi-temporal analyzes of land use and cover can contribute to identify some of these factors, as well as positive aspects of these changes, pointing out topics that need more attention from the municipality's government. The objective of this project is to prepare three maps of land use and land cover of the municipality of Rio das Ostras (Aug. 1999, Aug. 2019 and Nov. 2019), identify changes in the classes present in the study area, and expose needed measures for sustainable management. For this purpose, we used Landsat-7 satellite images for the 1999 map and Sentinel-2 images for the 2019 maps, which were then processed and classified using the QGIS software, according to the types of land use and cover identified in the study area. Nine classes were identified: water body, flooded soil, natural vegetation, eucalyptus farm, agropastoral field, buildings, exposed soil, rocky outcrop, and others. The results show that Rio das Ostras currently has 50% of its area destined to the Agropastoral Field class, followed by the Natural Vegetation and Buildings classes, with 31% and 10%, respectively, while the other classes are less dominant and share the 9% of remaining area. In 1999, the Agropastoral Field class was also predominant, with 64% of the area of the municipality, while Natural Vegetation occupied 22% - the natural vegetation had an 9% increase, an optimistic data for biodiversity conservation. The city expansion made the Buildings class increase by 3%, as a result of the intense population growth in Rio das Ostras. The Eucalyptus Farm class, absent in 1999, now occupies 2% of the municipality, an area of 5 km². In compensation for the retraction of agricultural activity, Rio das Ostras has great a potential for rural tourism business, however, investment and training programs are needed. The main rivers in the municipality are the Ostras and Iriri rivers, which are silted up due to the absence of riparian forest. We recommend two low-cost reforestation methods: natural reforestation for areas where there is natural vegetation nearby, or reforestation by direct seeding for open fields. In the urban region, we recommend that the government make use of its already existing "Plano Diretor", a specific plan of action for Rio das Ostras, including suitable land use rules.

Keywords: LULC. Remote sensing. Urban management.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa do município de Rio das Ostras e sua localização no estado do Rio de Janeiro e no Brasil. Fonte: autora. 22
- Figura 2:** Composição colorida dos mapas, com as cores verdadeiras à esquerda e composição em falsa cor à direita. As composições em falsa cor escolhidas destacam melhor os elementos do mapa, auxiliando a classificação..... 25
- Figura 3:** Dois exemplos de áreas do mapa de agosto de 1999 no qual foi realizado a técnica pansharpening. Esta técnica aumentou a resolução espacial da imagem de 30m para 15m. É possível perceber que a imagem final possui maior resolução, é menos pixelada e facilita a compreensão do mapa. 26
- Figura 4:** Ilustração das etapas do pós-processamento. (A) Imagem de agosto de 1999 do satélite Landsat-7, onde existem sombras devido ao relevo montanhoso da área, criando uma região escura que possui assinatura espectral semelhante à classe 1 (corpos d'água). (B) Resultado da classificação com erros, onde a classe 3 (vegetação natural) foi classificada como 1 (corpo d'água), e a classe 8 (afloramento rochoso) foi classificada como 2 (solo encharcado) e 5 (campo). (C) Utilização das ferramentas classification sieve (para remover pixels isolados) e edição de raster (para reclassificar as áreas incorretas). (D) Classificação finalizada, mais esclarecida e com menor ocorrência de erros. ... 29
- Figura 5:** Mapa da classificação de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras em agosto de 1999. 33
- Figura 6:** Mapa da classificação de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras em agosto de 2019. 34
- Figura 7:** Mapa da classificação de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras em novembro de 2019. 34
- Figura 8:** Representação gráfica da área (km²) de cada classe em cada período analisado (Agosto de 1999, Agosto e Novembro de 2019). 38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classes de uso e cobertura do solo, com identificação de cores representativas, descrição, e exemplo real com fotografias da visita de campo.	28
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre as bandas dos sensores Multi-Spectral Instrument (MSI) do Sentinel-2 e Enhanced Thematic Mapper (ETM+) do Landsat-7. VRE = Vegetation Red Edge; NIR = Near Infrared; SWIR = Shortwave Infrared (CHANDER; MARKHAM; HELDER, 2009).....	24
Tabela 2: Valores de cada classe i utilizados para calcular a quantidade ideal de amostras para cada classificação (N), de acordo com as equações 1 e 2. U_i = valor conjecturado da acurácia do usuário; S_i = desvio padrão esperado; Área (%) = proporção da área; W_i = proporção da área dividida por 100.....	31
Tabela 3: Valores calculados da quantidade ideal de amostras aleatórias estratificadas (N_i) para cada classe i , de acordo com a equação 3.....	32
Tabela 4: Resultados das técnicas utilizadas (acurácia do usuário e coeficiente kappa) para a validação das três classificações para cada classe.....	35
Tabela 5: Interpretação do coeficiente kappa (valores de 0 a 1) referente ao desempenho da classificação.....	36
Tabela 6: Resultado de área (km^2) e porcentagem de cada classe e período.....	37

LISTA DE SIGLAS

BOA – *Bottom of Atmosphere*

ETM+ - *Enhanced Thematic Mapper*

ESA – *European Space Agency*

USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos

LCCS – Sistema de Classificação de Cobertura do Solo (do inglês *Land Cover and Classification System*)

LULC – Do inglês, sigla muito utilizada para “*land use and land cover*”

L-7 – Landsat-7

MSI – *Multi-Spectral Instrument*

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

OTB – *Orfeo ToolBox*

REM – Radiação Eletromagnética

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Nacional

SCP – *Semi-Automatic Classification*

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SLC – *Scan Line Corrector*

S-2 – Sentinel-2

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS.....	23
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 ECOLOGIA DA PAISAGEM	14
2.2 GEOTECNOLOGIAS: SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO	15
2.3 PESQUISAS DE USO E COBERTURA DO SOLO.....	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2 PROCESSAMENTO E CLASSIFICAÇÃO.....	22
3.2.1 Aquisição das imagens e pré-processamento.....	22
3.2.2 Treinamento e classificação supervisionada de uso do solo.....	26
3.2.3 Pós-processamento.....	29
3.3 VALIDAÇÃO: ACURÁCIA, COEFICIENTE <i>KAPPA</i> E VISITA DE CAMPO.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5. CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE	56

1. INTRODUÇÃO

Nós como sociedade nem sempre percebemos os efeitos de nossas ações enquanto estamos agindo. Só entendemos o grau de nossas modificações quando paramos para analisar o passado e o peso de nossas pegadas. Santos (2012) diz que o passado está morto como tempo, mas não como espaço – pois ele gera como resultado a paisagem atual, e é essencial para compreendermos nosso presente e futuro. Tais conhecimentos são importantes para delimitar as perguntas das respostas “que futuro queremos ter?”, ou “que futuro podemos ter?”, esta última uma visão mais realista que leva em consideração nossa finitude de recursos e danos já irrecuperáveis ao meio ambiente.

Richard Grove (1995), em sua obra clássica *Green Imperialism*, documenta as origens do ambientalismo e rastreia até o século XVIII a preocupação com nossos impactos no meio ambiente entre o meio científico, embora somente nas últimas décadas esta preocupação tenha atingido um patamar público e global (PÁDUA, 2010). Considerando toda nossa história como espécie, estamos muito atrasados para começarmos a nos preocupar. Desde a diáspora do humano moderno (*Homo sapiens*) para além do continente africano estamos modificando a paisagem ao nosso redor, sendo um dos exemplos mais conhecidos a extinção da megafauna (espécies de grande massa corporal como mamutes e preguiças-gigantes) durante o Pleistoceno, que é atribuída ao avanço da população humana e suas práticas de caça (MACPHEE; SUES, 1999; LÓPEZ; VAN DORP; HELLENTHAL; 2015; METCALF *et al.*, 2016; SMITH *et al.*, 2018; HANSFORD *et al.*, 2018; HERSHKOVITZ *et al.*, 2018). Somos a espécie com maior capacidade de alteração de nossa paisagem, possivelmente causadores da sexta extinção em massa do planeta, definida como uma extinção de aproximadamente $\frac{3}{4}$ de todas espécies viventes em um curto período de tempo geológico (SALTRE; BRADSHAW, 2019). Este cenário nos torna de alguma forma responsáveis por todas as outras espécies, uma vez que nossas decisões afetam toda a biosfera.

Na região do estudo, Baixada Litorânea, que está inserida no bioma Mata Atlântica, podem-se rastrear alterações da paisagem também desde a Pré-História brasileira. Em Rio das Ostras, há cerca de 4 mil anos atrás, havia populações nômades que construía sambaquis – montanhas de depósito de restos faunísticos (principalmente conchas) de alimentação, e ao mesmo tempo local de sepultamento de seus mortos (OLIVEIRA; ABREU, 2010; SOUZA *et al.*, 2010; GUEDES, 2013). Embora não se comparem ao grau de alteração do homem contemporâneo, estes grandes morros de origem antrópica destacam-se na paisagem litorânea

de praias e vegetação rasteira de restingas no país inteiro. Também é importante mencionar que neste município há o Museu de Arqueologia Sambaqui da Taioba, que dispõe de informações *in situ* sobre os sítios arqueológicos de sambaquis encontrados em Rio das Ostras.

Outro momento histórico da região é contado um pouco mais afastado do litoral (mas sempre relacionado a ele): a expansão dos povos indígenas Goitacazes e Tamoios em volta do rio “Iriry” (em tupi), o atual rio das Ostras (LIMA, 2004). É uma noção popular e comum de que as populações indígenas conviviam em plena harmonia com a natureza, levando uma forma de sociedade comunitária que não impactava o ambiente ao seu redor. No entanto, sabe-se que os povos indígenas tinham práticas de agricultura não-sustentáveis e predatórias, que eram praticadas por centenas ou até milhares de anos. Este fato é retratado de forma excelente em “A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira”, uma das obras mais importantes de História Ambiental, escrita por Warren Dean (1996).

Diante destes eventos históricos, é possível entender porque estamos atrasados em nos preocupar com a forma que usamos a terra. Porém, diferentemente destas civilizações do passado, hoje podemos mensurar e analisar o grau de alteração da paisagem e uso da terra com auxílio da ciência e da tecnologia. Mais especificamente, merecem destaque as ciências da ecologia da paisagem e as geotecnologias, em ordem cronológica de criação. Algumas das tendências mais fortes destas áreas de pesquisa são as análises multitemporais de uso e cobertura do solo (FOODY, 2002), devido ao acesso cada vez mais amplo aos dados de sensoriamento remoto de satélites artificiais e ferramentas de geoprocessamento, bem como à sua praticidade.

1.1. Objetivos

Considerando a necessidade de entendermos a paisagem ao nosso redor, esta pesquisa tem como objetivo geral caracterizar as atuais classes de uso e cobertura do solo no município de Rio das Ostras/RJ, compará-las às classes encontradas há 20 anos atrás, e analisar como esta distribuição de classes pode auxiliar a gestão e o planejamento do município.

Os objetivos específicos foram: (1) Elaborar os mapas de classes de uso e cobertura do solo de Rio das Ostras para os anos de 1999 e 2019; (2) analisar o resultado da distribuição de classes multitemporais para inferir as mudanças ocorridas no uso e cobertura do solo de Rio das Ostras; (3) analisar mudanças entre a época de cheia e seca dos rios do município; (4) sugerir medidas de gestão e planejamento que podem ser realizadas com o mapeamento produzido neste trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. ECOLOGIA DA PAISAGEM

Paisagem é um elemento de estudo clássico da Geografia, mas devido ao seu potencial interdisciplinar, hoje é utilizado por outras Ciências de forma ampla (SOARES FILHO, 1998). A palavra “paisagem” tem sua primeira referência no “Livro dos Salmos” da coleção religiosa “Escrituras Hebraicas”, escrito por diversos autores, mas atribuído ao rei Davi (METZGER, 2001). Entretanto, a preocupação do homem com a paisagem ao seu redor é anterior à Antiguidade, como as primeiras civilizações a acompanharem os regimes de cheia dos rios ou observarem padrões da vegetação para criar técnicas de agricultura (MAXIMIANO, 2004). A paisagem pode possuir diversas conotações em diferentes áreas do conhecimento e nas artes, porém sempre relacionada à uma noção de um espaço sendo interpretado por um observador. Como um termo científico, foi primeiramente utilizado pelo geo-botânico Alexander von Humbolt, no século XIX, e somente em 1939 foi criado o termo “ecologia de paisagens” pelo biogeógrafo Carl Troll (METZGER, 2001), associando a perspectiva horizontal geográfica com a perspectiva vertical da ecologia. Neste estudo, o termo “paisagem” será utilizado pela ecologia de paisagens, que estuda as inter-relações dos elementos físicos e biológicos da paisagem (SIQUEIRA; CASTRO; FARIA, 2013). Dentro da ecologia de paisagens, as definições também variam devido à divergência entre duas abordagens: a geográfica e a ecológica, e Metzger (2001) propôs uma unificação entre as duas vertentes, elaborando a seguinte definição:

Um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação. (METZGER, 2001 v. 1, p. 4.)

Turner & Gardner (2015) se preocupam não somente com a definição de paisagem, mas em evidenciar o dinamismo desta, ou seja, o fato dela estar sempre em alteração por fatores ambientais ou humanos, influenciadas também pelos tipos de uso da terra. Atualmente, uma

das maiores preocupações em relação à paisagem é sua extrema deformação artificial devido ao padrão de vida da nossa sociedade, aumentando em peso o fator humano na explicação da dinâmica da paisagem (SIQUEIRA, CASTRO, FARIA, 2013). Casimiro (2000) diz que os estudos de mudanças do uso do solo são fundamentais para a análise e mitigação dos padrões insustentáveis de paisagem atuais.

Para auxiliar estes estudos sobre nossa paisagem, possuímos uma crescente gama de ferramentas fornecidas pelo avanço tecnológico das últimas décadas. Entre as ferramentas mais utilizadas atualmente estão o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, que geram dados aplicáveis a índices e modelagens usados para monitorar mudanças na paisagem, e também prever este padrão de mudanças (SOARES FILHO, 1998), permitindo analisar um cenário futuro e possíveis ações de prevenção ou mitigação. Estas duas ferramentas do estudo da paisagem serão apresentadas a seguir.

2.2. GEOTECNOLOGIAS: SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Rosa (2013) define geotecnologias como o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. Sua importância dentro da área da Geografia vem crescendo, sendo atualmente uma das cinco tendências globais convergentes nessa área de pesquisa (KERSKI, 2015; SILVA; ROCHA; AQUINO, 2017). As geotecnologias utilizadas neste trabalho são o sensoriamento remoto e geoprocessamento com o sistema de informações geográficas (SIG).

O termo “sensoriamento remoto” foi utilizado pela primeira vez nos anos 50 pela geógrafa Evelyn Lord Pruitt (1918-2000), pesquisadora da marinha dos Estados Unidos. Pruitt representou um imenso avanço nas pesquisas de geografia e estudo do ambiente com uso do sensoriamento remoto, e recebeu diversas premiações durante seus anos de dedicação à ciência (WALKER, 2006; SGW, 2019). A definição clássica do termo diz que ele é “uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto” (MENESES; ALMEIDA, 2012). Antes do uso dos satélites, que geram um produto chamado imagem, o sensoriamento era originalmente feito com balões ou aviões equipados de câmeras fotográficas, gerando um produto do tipo fotografia (NOVO; PONZONI, 2001).

O avanço do sensoriamento remoto com satélites nos anos 60 foi impulsionado pelo rápido desenvolvimento das tecnologias espaciais na época, conhecida como a década da corrida espacial. Esta tecnologia foi originalmente utilizada para estudos meteorológicos

(MENESES; ALMEIDA, 2012), outra área da ciência que também avançou muito nesta época. A missão TIROS-1, lançada em primeiro de abril de 1960, foi a primeira elaborada especificamente para a meteorologia, com imagens de padrões de cobertura de nuvens, mas acidentalmente demonstrou que também era possível observar feições da superfície terrestre com dados fornecidos pelo satélite (MENESES; ALMEIDA, 2012; NASA, 2017). Doze anos após o lançamento do TIROS-1, em 1972, foi lançado o Landsat 1, a primeira missão com objetivos de sensoriamento remoto da superfície da Terra e pesquisas de recursos naturais (INPE, 2019).

Frente aos avanços tecnológicos na técnica, Meneses e Almeida (2012) propõem uma nova definição do termo:

Sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. (MENESES; ALMEIDA, 2012, p. 3)

O processo do sensoriamento remoto moderno envolve a detecção e medição pelos sensores da radiação de diferentes comprimentos de onda refletidos ou emitidos por objetos distantes, pelos quais eles podem ser identificados e categorizados (GRAHAM, 1999). De acordo com esta definição podemos identificar os quatro elementos fundamentais da técnica: a radiação eletromagnética (REM), a fonte que emite a REM, o alvo na Terra que reflete a REM, e o sensor que registra estes dados para gerar o produto imagem.

- Radiação eletromagnética (REM): O conjunto de comprimentos de onda que compõem a REM é conhecido como espectro eletromagnético. Para o sensoriamento remoto, cada região do espectro eletromagnético pode ser útil para fins diferentes. Os sensores são projetados para incluir a faixa de comprimentos de onda indicados para seu objeto de monitoramento (NOVO; PONZONI, 2001). Para mapeamentos de uso e cobertura do solo geralmente são utilizados comprimentos de onda na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de onda curta.

- Fonte: As fontes de radiação eletromagnética mais utilizadas no sensoriamento remoto são o Sol e a Terra. Os sensores que utilizam essas fontes externas de radiação são do tipo passivo. Para contornar limitações da faixa espectral do Sol e da Terra, foram criados sensores de satélites que emitem sua própria fonte de radiação eletromagnética, chamados sensores ativos (MENESES; ALMEIDA, 2012; SANTOS, 2013).

- Alvo: São os elementos ou objetos da superfície terrestre que interagem com a radiação emitida pela fonte. Quando isto ocorre, o objeto pode refletir (reflectância), absorver (absortância) ou transmitir (transmitância) esta radiação, e o resultado desta interação pode variar de acordo com o comprimento de onda que atinge o objeto e com sua composição molecular. Portanto, podem ser medidos estes diferentes valores de reflectância, absortância e transmitância para cada elemento/objeto da superfície terrestre, e no sensoriamento remoto é comum usarmos o valor da reflectância de um objeto para cada comprimento de onda como sua assinatura espectral (STEFFEN, 2019).

- Sensor: É o detector da assinatura espectral do alvo. O resultado da interação REM-fonte-alvo é registrado na forma de números digitais, referente ao valor da assinatura espectral de cada pixel, formando finalmente uma imagem.

O produto imagem gerado pelo sensor, entretanto, é um dado bruto que necessita de refinamento para ser utilizado devidamente. Para isto, são utilizadas as técnicas de geoprocessamento, que, de acordo com Câmara *et al.* (2001), denotam a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Os mesmos autores também abordam o fato de que o geoprocessamento possui um enorme potencial de popularização por reunir técnicas de baixo custo (para o usuário final) que podem auxiliar as tomadas de decisões sobre questões de planejamento urbano e ambiental.

Uma das técnicas mais importantes do geoprocessamento é o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Rosa (2013) define o SIG como:

Um conjunto de ferramentas computacionais, composta por equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização de informações georreferenciadas, que possibilitam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas, referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão, relativas ao espaço geográfico. (ROSA, 2013, p. 6)

A integração das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento a partir do SIG, ambos de disponibilidade gratuita, possibilitam realizar a análise de uso e cobertura do solo que será o produto desta pesquisa.

2.3. PESQUISAS DE USO E COBERTURA DO SOLO

O uso e a cobertura são conceitos diferentes entre si, e diversos trabalhos os usam de forma equivocada (AHLQVIST, 2008). De acordo com a publicação do Sistema de Classificação de Cobertura do Solo (LCCS – do inglês *Land Cover and Classification System*) da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), de Di Gregorio (2016), a cobertura do solo se refere à “cobertura física ou biológica observada na superfície da terra”, enquanto o uso do solo à “disposição dos elementos e atividades que os humanos realizam em uma certa cobertura de terra, mantendo ou modificando-a”. A cobertura do solo pode ser diretamente observada e monitorada utilizando o sensoriamento remoto. Já o uso do solo é uma questão mais complexa de ser observada, e é necessária uma análise mais completa na utilização do sensoriamento remoto, como a combinação de imagens ao longo de uma faixa temporal, ou combinação com o conhecimento local, pesquisas sociais ou observação de campo (SOHL; SLEETER, 2016).

Ahlqvist (2008) aponta que a tradição centenária de classificação de tipos de vegetação levou ao início da classificação de cobertura do solo, com pesquisas de classificação de terrenos nos anos 50 e 60, e mapeamentos de uso do solo a partir dos anos 60. O conceito de padronização e hierarquização para descrever aspectos do mundo real se tornou o meio mais efetivo de comunicação científica, desde a iniciativa de Carl Linnaeus de classificação dos seres vivos na sua obra *Systema naturae* em 1735 (DI GREGORIO, 2016). Embora os acontecimentos naturais nem sempre sigam as classificações e padronizações propostas pela ciência, é desta forma que conseguimos entender melhor o mundo ao nosso redor, como ele funciona, e realizar previsões para elaborarmos aplicações práticas e resolvermos problemas da sociedade em geral.

As classificações de uso e cobertura do solo possuem uma infinidade de aplicações, sejam estas a nível local e/ou particular, como um planejamento de um condomínio, ou aplicações globais para a sociedade, como reflexões sobre mudanças climáticas globais. Sendo assim, é uma técnica que não se restringe apenas à área de Geografia, e pode ser uma importante aliada para pesquisas interdisciplinares, como as que envolvem o emergente tema do *nexus* entre água, energia e alimentos (LECK *et al.*, 2015). A seguir, serão resumidos alguns exemplos de aplicações.

Weckmüller, Slovinski, Vicens (2013) fizeram um monitoramento e uma análise multitemporal do Corredor Ecológico do Muriquí, que abrange onze municípios do Rio de Janeiro, incluindo Rio das Ostras. É uma área de grande importância ambiental, tendo como bandeira a preservação do muriquí-do-sul (*Brachyteles arachnoides*), espécie ameaçada de extinção (ICMBIO, 2018; MUSSI; BOHRER, 2011). Os autores concluem que a técnica de sensoriamento remoto foi satisfatória para o monitoramento do corredor, e que pesquisas de uso do solo e mudanças na paisagem auxiliaram a identificação de áreas prioritárias para conservação. Fidalgo *et al.* (2003) fizeram um mapeamento e uso da cobertura do solo para indicar áreas disponíveis para reservas legais amazônicas, e concluíram que estudos deste tipo são necessários para avaliar o estado de conservação das florestas e oferecer recursos na decisão de quais áreas mais necessitam do *status* de reserva legal, o que pode ser expandido para outras categorias de Unidades de Conservação.

Venturieri *et al.* (2005) fizeram uma avaliação da mudança do uso e cobertura do solo e também analisaram seus reflexos na qualidade da água em uma microbacia hidrográfica no Estado do Pará. Seus resultados mostraram que o mau uso da terra influenciou no aumento das concentrações de nutrientes na região, causando a eutrofização dos corpos d'água e diminuindo a qualidade da água da microbacia.

Sobre assuntos climáticos, Gallo, Easterling, Peterson (1996) demonstraram que o uso e cobertura do solo influenciaram consideravelmente valores climatológicos de amplitude térmica diária. Taha, Konopacki, Gabersek (1999) elaboraram um modelo de mesoescala em dez regiões dos Estados Unidos para avaliar os impactos da cobertura do solo em condições meteorológicas e de uso de energia. A simulação feita pelos autores sugere que na maioria dos centros urbanos analisados houve um aumento na temperatura média de 1 a 2°C, devido às características da cobertura urbana. Segundo os autores, se houvesse um aumento em larga-escala no albedo da superfície e de áreas vegetadas, estas seriam suficientes para controlar o aumento da temperatura média nas cidades. O modelo utilizado indicou que isto implicaria na redução de até 10% da demanda de energia elétrica no horário de pico nas regiões de clima quente.

Baur, Förster, Kleinschmit (2015) abordaram uma questão importante para o planejamento urbano. Os autores analisaram as relações entre o uso e a cobertura do solo com a emissão de gases do efeito estufa em 52 cidades europeias. Seus resultados mostram que a configuração espacial da malha urbana influenciou a emissão dos gases. As cidades com configuração esparsa incentivaram o uso de transportes motorizados, aumentando a emissão dos gases. Já as cidades com densidade mais concentrada incentivaram o uso de bicicletas ou

caminhadas para os moradores chegarem aos seus destinos, reduzindo, conseqüentemente, a emissão de gases do efeito estufa, e aumentando a qualidade de vida da população.

Quanto à questão da segurança alimentar, Foley *et al.* (2005) concluíram que as práticas da agricultura moderna resultaram em benefícios a curto prazo, causando perdas de serviços ecossistêmicos a longo prazo, incluindo muitos que são essenciais para a própria agricultura. Para contornar esta situação e evitar o cenário de escassez de recursos no futuro próximo, estão sendo feitos estudos de uso e cobertura do solo aplicados à agricultura, gerando estratégias de ação para a gestão da produção agrícola e também o consumo de água associado a esta prática (BARROS, 2008; KOMP; HAUB, 2012; OGECHI; HUNJA, 2012).

Esta pequena seleção demonstra a diversidade de aplicações das geotecnologias e estudos de uso do solo, e em cada um destes aspectos abordados, são necessárias estratégias para conciliar as necessidades atuais de demanda imediata da sociedade com a resiliência da nossa paisagem a longo prazo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foi utilizado neste trabalho o limite político do município de Rio das Ostras, na mesorregião Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro. O município possui suas origens como importante rota de viajantes entre a outrora capital do Brasil, Rio de Janeiro, e Macaé ou Campos, que são cidades do Norte Fluminense que já possuíam maior movimentação econômica. Destaca-se o encontro do rio das Ostras com o Oceano Atlântico, onde o rio se encontrava como uma barreira física aos viajantes, que frequentemente pernoitavam no vilarejo beira-mar de Rio das Ostras para aguardar o momento da maré para uma travessia segura (LIMA, 2004). Atualmente, é um destino turístico da região, sendo um município emergente, emancipado de Casimiro de Abreu em abril de 1992. Sua população de 150 mil habitantes cresce cerca de 11% ao ano, a maior taxa de crescimento populacional do estado (IBGE, 2013; RIO DAS OSTRAS, 2020).

Rio das Ostras possui 229,044km² de extensão, está inserido predominantemente nas unidades geomorfológicas Superfícies Aplainadas nas Baixadas Litorâneas e Planícies Fluvio-Marinhas, possui clima tropical úmido e as fitofisionomias Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual do bioma Mata Atlântica (DANTAS, 2000; INEA, 2009).

O município está incluso em quatro bacias hidrográficas: do rio das Ostras, da lagoa de Imboassica e do rio Macaé, que pertencem à mesma Região Hidrográfica (RH VIII), e uma porção ao sul do município inserida na bacia do rio São João (RH VI). O rio das Ostras é um rio meandrante que nasce com o nome Jundiá a partir de dois afluentes: Iriri e Maurício. A extensão do rio das Ostras é cerca de 29km, e desagua no oceano Atlântico, na praia Boca da Barra em Rio das Ostras (PRIOSTE, 2007; RIO DE JANEIRO, 2013).

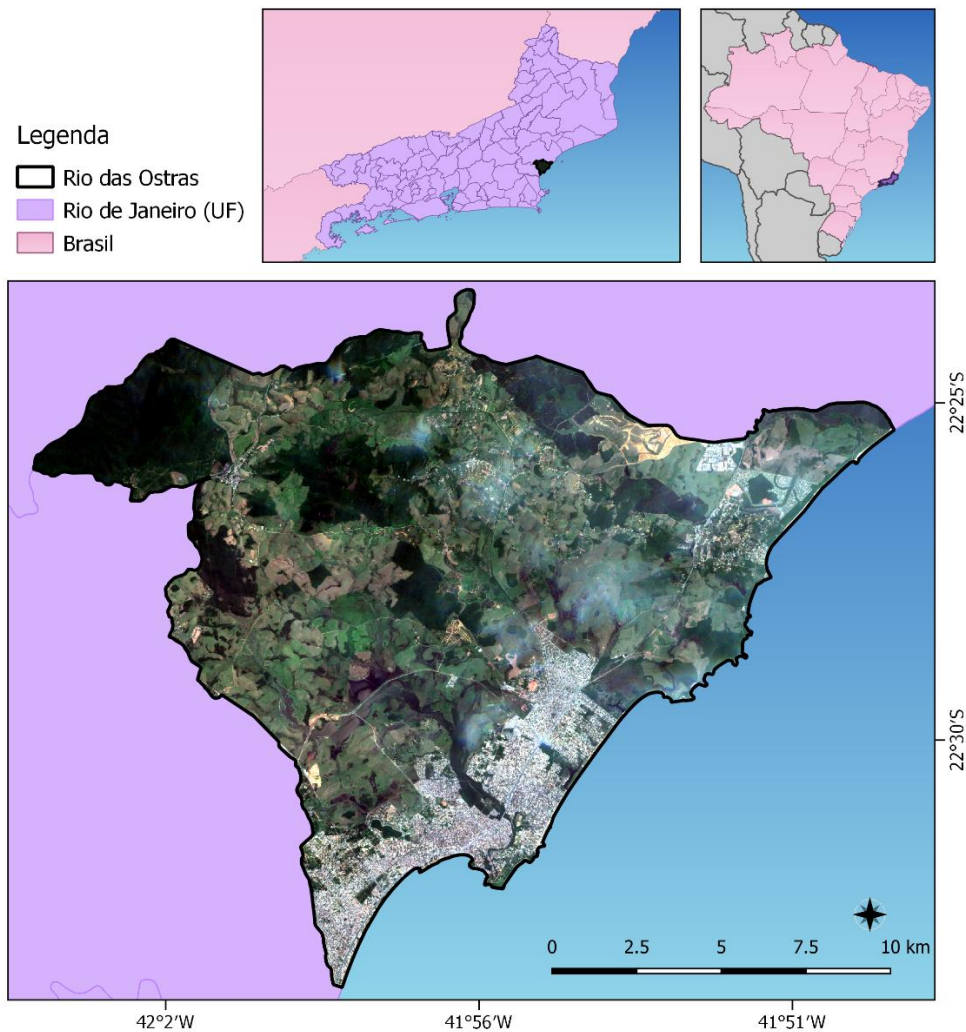


Figura 1: Mapa do município de Rio das Ostras e sua localização no estado do Rio de Janeiro e no Brasil. Fonte: autora.

3.2. PROCESSAMENTO E CLASSIFICAÇÃO

O processamento digital de imagens abordado neste tópico foi feito no *software* gratuito QGIS versão 3.4.9 – Madeira, com os complementos *Semi-Automatic Classification (SCP)* versão 6.4.0 e *Orfeo ToolBox (OTB)* versão 1.4.2.

3.2.1. Aquisição das imagens e pré-processamento

Para este estudo, foram escolhidos os satélites Sentinel-2 (S-2) para as imagens de 2019 e o Landsat-7 (L-7) para a imagem de 1999.

O Sentinel-2 é um satélite europeu de alta-resolução, e o mesmo faz parte do programa *Copernicus Sentinel* da *European Space Agency* (ESA). O programa possui cinco missões (Sentinel-1 a 5), cada uma com objetivo diferente de observação (oceânica, atmosférica, terrestre), e com operação em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Sentinel-2 é a missão responsável pelo monitoramento terrestre indicada para mapas de uso e cobertura do solo (ESA, 2020). Possui dois satélites idênticos operando em conjunto (Sentinel-2A lançado em 2015, e Sentinel-2B lançado em 2017) com ciclos de 5 dias, e possui um único sensor *Multi-Spectral Instrument* (MSI) que disponibiliza 13 bandas com resolução espacial de 10, 20 ou 60m (ESA, 2020), como visto na Tabela 1.

As imagens utilizadas foram de 17 de agosto de 2019 para o Sentinel-2A e 27 de novembro de 2019 para o Sentinel-2B, e foram adquiridas na plataforma *Copernicus Open Access Hub* da ESA. Foi necessária apenas uma banda para incluir todo o perímetro do município de Rio das Ostras. As imagens possuem nível de processamento 2A, que é um produto de maior qualidade, pois já possui correções radiométricas e geométricas, ortorretificação, correção atmosférica, e a correção *Bottom-of-Atmosphere* (BOA), ou conversão dos pixels para reflectância da superfície. Estas são as correções recomendadas para mapas de uso e cobertura do solo, não sendo necessários processos adicionais.

O Landsat-7 é um satélite americano lançado em abril de 1999 e faz parte do programa *Landsat* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), com objetivo de observar os recursos naturais e da superfície terrestre. O programa teve seu primeiro satélite lançado em 1972, e o mesmo oferece o mais longo e contínuo registro da superfície da Terra pelo método de sensoriamento remoto (NASA, 2020). Este programa possui oito missões (Landsat-1 a 8), e é esperado o lançamento da missão Landsat-9 em dezembro de 2020, que irá substituir o Landsat-8. Este ainda está em operação, porém com problemas nas imagens obtidas a partir de junho de 2003 devido a uma falha no seu *Scan Line Corrector* (SLC). O Landsat-7 possui um único sensor, chamado de *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+), que disponibiliza 8 bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros, com exceção das bandas pancromática (15 metros), e termal (60 metros) (NASA, 2020) (Tabela 1).

A imagem utilizada do Landsat-7 é de 13 de agosto de 1999, e a mesma foi adquirida na plataforma *EarthExplorer*, do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Novamente, apenas uma banda foi necessária para incluir o perímetro de Rio das Ostras. A imagem foi requisitada com nível de processamento T1, a maior qualidade disponível, com correções radiométricas, ortorretificação, e também já inclusa a correção atmosférica e conversão dos pixels para reflectância da superfície, também não sendo necessárias correções adicionais.

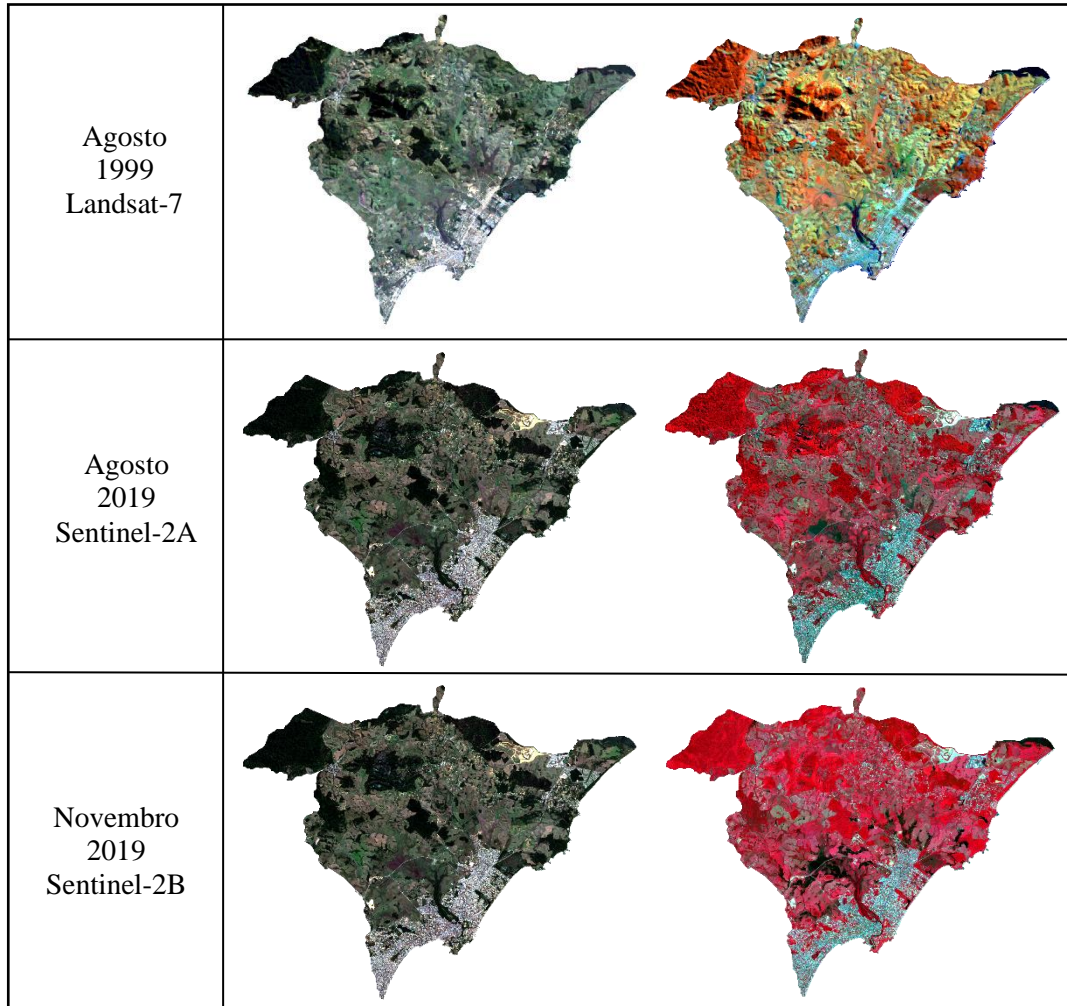
Tabela 1: Comparação entre as bandas dos sensores *Multi-Spectral Instrument* (MSI) do Sentinel-2 e *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) do Landsat-7. VRE = *Vegetation Red Edge*; NIR = *Near Infrared*; SWIR = *Shortwave Infrared* (CHANDER; MARKHAM; HELDER, 2009).

Sentinel-2 MSI				Landsat-7 ETM+			
Nº	Nome	Compr. de onda central (µm)	Resolução espacial (m)	Nº	Nome	Compr. de onda central (µm)	Resolução espacial (m)
1	Coastal aerosol	0.443	60	1	Blue	0.483	30
2	Blue	0.490	10	2	Green	0.560	30
3	Green	0.560	10	3	Red	0.662	30
4	Red	0.665	10	4	NIR	0.835	30
5	VRE	0.705	20	5	SWIR 1	1.648	30
6	VRE	0.740	20	6	Thermal	11.335	60 (30)
7	VRE	0.783	20	7	SWIR 2	2.206	30
8	NIR	0.842	10	8	PAN	0.706	15
8A	VRE	0.865	20				
9	Water vapour	0.945	60				
10	SWIR-C	1.375	60				
11	SWIR	1.610	20				
12	SWIR	2.190	20				

Ambas as imagens Sentinel-2 e Landsat-7 são no *datum* WGS84, portanto as imagens obtidas foram reprojctadas para o *datum* SIRGAS2000 UTM Zona 24 S, que é o sistema de referência geodésico oficial do Brasil (IBGE, 2005) e zona correspondente à área de estudo.

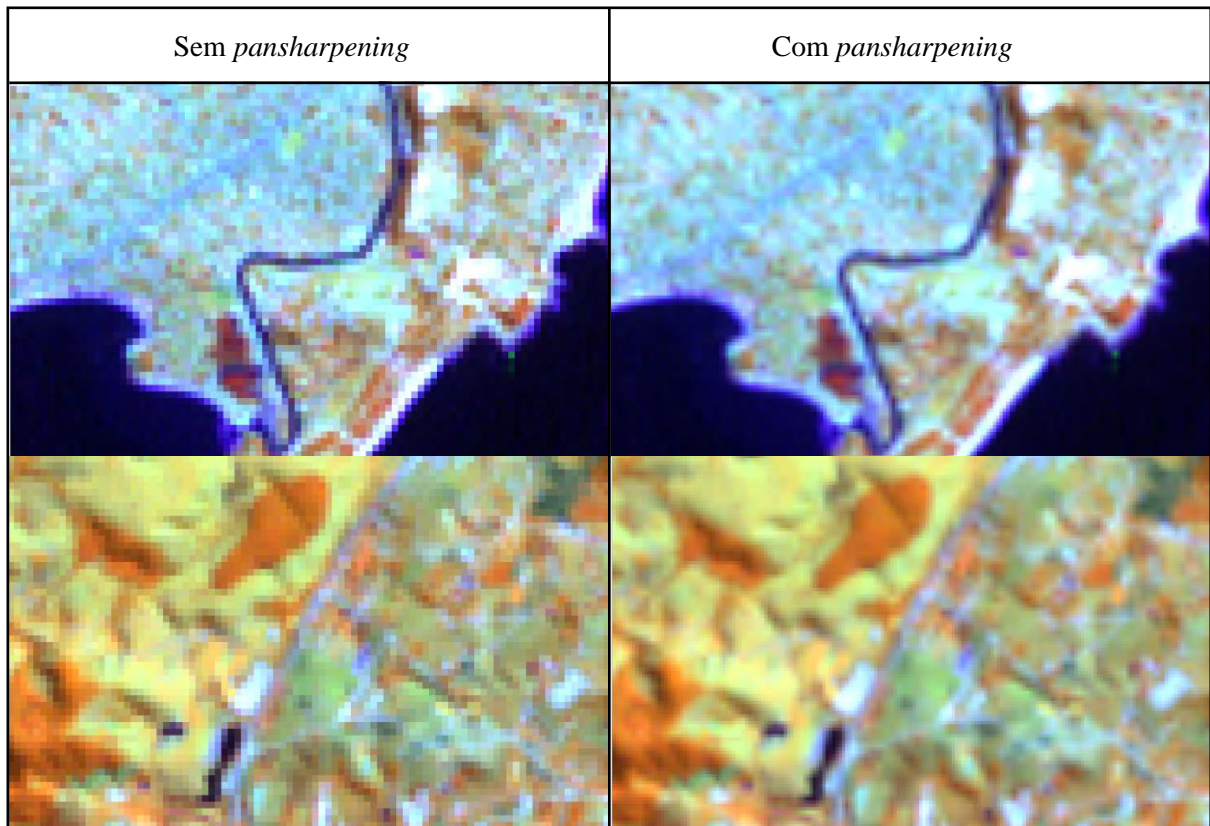
Uma etapa importante do pré-processamento é a composição das bandas multiespectrais disponibilizadas pelo satélite. Para os estudos de uso e cobertura do solo, é comum utilizar composições RGB em falsa cor, pois aumentam o contraste entre os itens da imagem, facilitando a distinção entre eles. Para este trabalho foram utilizadas as bandas R(8)G(4)B(3) para a imagem de 2019 do Sentinel-2, e as bandas R(4)G(5)B(3) para a imagem de 1999 do Landsat-7. Foram feitas também as composições RGB em cor verdadeira para auxiliar a identificação de elementos do mapa no treinamento do *software* de classificação – R(4)G(3)B(2) para S-2 e R(3)G(2)B(1) para L-7 (Figura 2).

Figura 2: Composição colorida dos mapas, com as cores verdadeiras à esquerda e composição em falsa cor à direita. As composições em falsa cor escolhidas destacam melhor os elementos do mapa, auxiliando a classificação.



Na imagem Landsat-7 foi feito um procedimento adicional de *pansharpening* utilizando o complemento OTB do QGIS para compensar a baixa resolução espacial (30 metros) das bandas utilizadas na composição colorida (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Esta técnica combina a composição RGB de baixa resolução com a banda pancromática de maior resolução (no caso 15 metros para o Landsat-7), resultando numa imagem colorida também de 15 metros, uma resolução maior que a original (MENG *et al.*, 2019). Este processo é recomendado para projetos de uso e cobertura do solo, e Lin *et al.* (2015) concluem que o *pansharpening* aumenta a precisão da classificação em até 12% em comparação a imagens sem o tratamento. O Sentinel-2 não possui uma banda pancromática, e as bandas coloridas já possuem a resolução espacial máxima oferecida pelo satélite (10 m). Portanto não foi necessário realizar o *pansharpening* nas imagens de 2019 do S-2.

Figura 3: Dois exemplos de áreas do mapa de agosto de 1999 no qual foi realizado a técnica *pansharpening*. Esta técnica aumentou a resolução espacial da imagem de 30m para 15m. É possível perceber que a imagem final possui maior resolução, é menos pixelada e facilita a compreensão do mapa.



Para finalizar o pré-processamento foi feito um recorte das imagens utilizando os limites do município de Rio das Ostras, como visto na Figura 3.



















3.2.2. Treinamento e classificação supervisionada de uso do solo

A palavra “classificação” em trabalhos de uso e cobertura do solo se refere a uma interpretação das imagens de sensoriamento remoto com auxílio de um *software* de computador (EASTMAN, 2001). Entre os diversos métodos de classificação, o de classificação supervisionada é o mais utilizado para análises quantitativas de dados de sensoriamento remoto (RICHARDS; JIA, 2006; RWANGA; NDAMBUKI, 2017). Este método facilita o procedimento através da automatização, mas sendo anteriormente definido pelo usuário os critérios desta automatização – processo chamado de “treinamento”. No treinamento, o usuário necessita de conhecimento prévio da área de estudo, pois irá inserir no *software* sua lista de classes, e indicar exemplos de regiões do mapa pertencentes a cada classe. Desta forma, o *software* cria uma base de dados de acordo com o conhecimento do usuário, e calcula os pixels

pertencentes a cada classe. A classificação supervisionada deste projeto será calculada através da máxima verossimilhança, onde cada classe possui uma distribuição gaussiana (normal) dos valores de assinatura espectral dos seus pixels, utilizando o complemento SCP do QGIS.

As classes utilizadas foram nove: corpo d'água, solo encharcado, vegetação natural, plantação de eucalipto, campo agropastoril, edificações, solo exposto, afloramento rochoso, e outros (Quadro 1). Esta divisão de classes é bem definida e coerente com os elementos encontrados na área de estudo, e foi baseada em Guimarães (2017), que elaborou um mapa de uso e cobertura do solo para a bacia hidrográfica do rio Macaé, município vizinho de Rio das Ostras, a fim de padronizar e permitir melhor comparação entre as regiões próximas.

Quadro 1: Classes de uso e cobertura do solo, com identificação de cores representativas, descrição, e exemplo real com fotografias da visita de campo.

Classe	Cor	Descrição	Exemplo
1. Corpo d'água		Acumulados significativos de água - naturais e artificiais, permanentes e sazonais.	
2. Solo encharcado		Solo saturado de água	
3. Vegetação natural		Categorias da Mata Atlântica: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, restinga.	
4. Plantação de eucalipto		Monocultura de <i>Eucalyptus</i> sp., espécie exótica arbórea.	
5. Campo agropastoril		Campo de vegetação gramínea, com ou sem criação de gado; pequenas agriculturas; terrenos baldios.	
6. Edificações		Elementos de construção humana, como casas, prédios e rodovias; cidades, zonas industriais.	
7. Solo exposto		Solo sem vegetação, com exceção da areia da praia.	
8. Afloramento rochoso		Formação rochosa não coberta por solo ou vegetação.	
9. Outros		Areia de praia ou restinga, área de praia com batimento de ondas.	

3.2.3. Pós-processamento

Mesmo com um cuidadoso processo de treinamento, o resultado da classificação pode gerar erros, principalmente devido à semelhança entre a assinatura espectral de algumas classes, mas também devido ao efeito de nuvens e sombras de relevo nas imagens dos satélites. Os pixels indevidamente classificados foram corrigidos manualmente com a ferramenta de edição de *raster* do SCP. Também foi utilizada a ferramenta *classification sieve* para remover pixels isolados que poluem o mapa classificado (Figura 4).

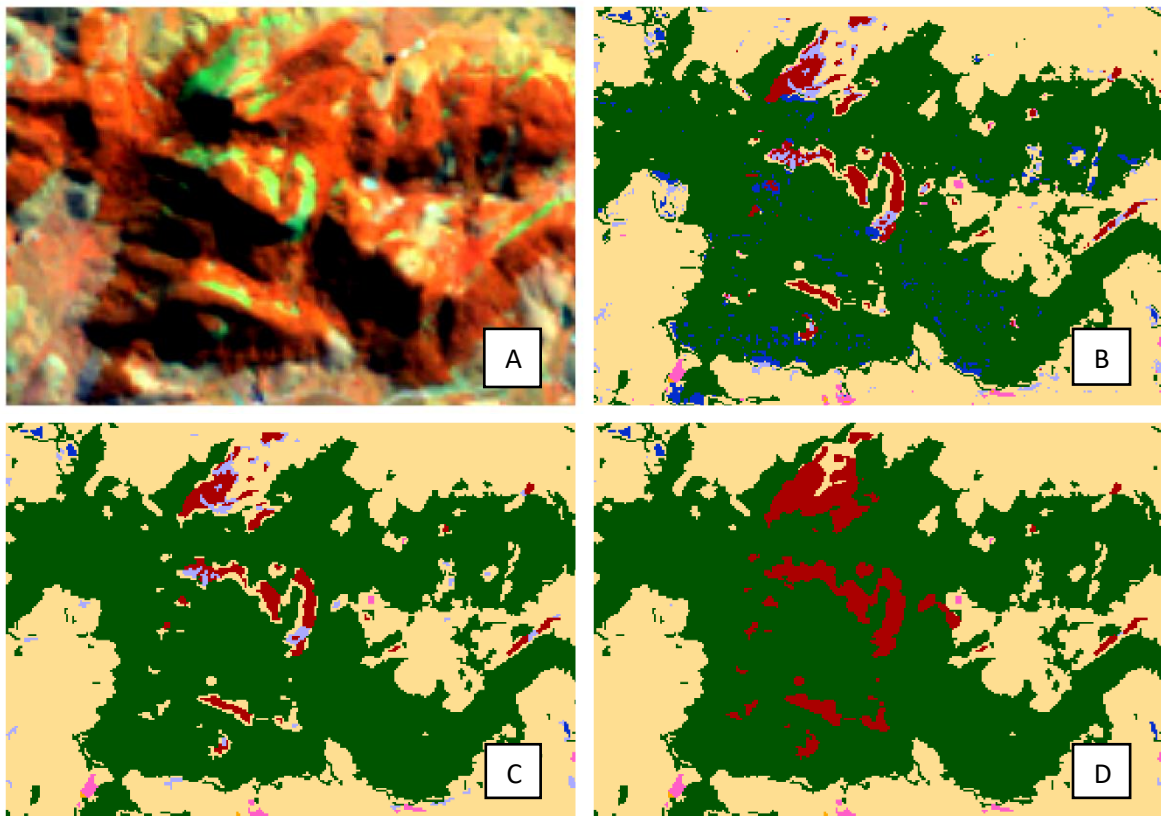


Figura 4: Ilustração das etapas do pós-processamento. (A) Imagem de agosto de 1999 do satélite Landsat-7, onde existem sombras devido ao relevo montanhoso da área, criando uma região escura que possui assinatura espectral semelhante à classe 1 (corpos d'água). (B) Resultado da classificação com erros, onde a classe 3 (vegetação natural) foi classificada como 1 (corpo d'água), e a classe 8 (afloramento rochoso) foi classificada como 2 (solo encharcado) e 5 (campo). (C) Utilização das ferramentas *classification sieve* (para remover pixels isolados) e edição de *raster* (para reclassificar as áreas incorretas). (D) Classificação finalizada, mais esclarecida e com menor ocorrência de erros.

3.3. VALIDAÇÃO: ACURÁCIA, COEFICIENTE KAPPA E VISITA DE CAMPO

Após a finalização da classificação, é necessária uma avaliação para validar os resultados obtidos. Serão realizadas algumas das técnicas mais comuns de validação em estudos de sensoriamento remoto: o cálculo da acurácia (que inclui acurácia global, acurácia do usuário, e acurácia do produtor) e o teste do coeficiente *kappa* (COHEN, 1960; CONGALTON, 1991).

A acurácia e o coeficiente *kappa* são calculados a partir de uma matriz de confusão, a qual é uma técnica padrão e amplamente utilizada para iniciar diversos tipos de análises descritivas e estatísticas (PANTALEÃO; SCOFIELD, 2009). A matriz de confusão é uma tabulação cruzada das unidades amostrais (como pixels ou polígonos) atribuídas a uma classe, em relação à classe real observada no solo. Desta forma, os dados são correlacionados de uma forma que sumariza resultados essenciais e auxilia a quantificação da acurácia e do coeficiente *kappa* (OLOFSSON *et al.*, 2014).

Como explicado, a matriz compara os dados da classificação com dados-referência, ou seja, considerados verdadeiros. Estes dados-referência devem possuir maior confiabilidade que a imagem utilizada na classificação: podem ser obtidos com visitas de campo, fotografias de sensoriamento remoto de aviões, imagens de satélite de alta resolução, entre outros. Para este estudo, foram utilizadas como referência dois mosaicos que unem imagens de diversos satélites de alta resolução, com processamento refinado que resulta em um produto final de alta qualidade. Os dois mosaicos são disponibilizados gratuitamente pelas empresas *Google* e *Esri*. Para a imagem de agosto de 1999, não há opções gratuitas disponíveis com melhor resolução do que a utilizada. Portanto, foi utilizada a própria composição em cores verdadeiras do Landsat-7 como referência, com auxílio dos mosaicos *Google* e *Esri* para elementos que permaneceram semelhantes no mapa até a data atual.

Antes de elaborar a matriz de confusão, é necessário estabelecer o desenho amostral na qual ela será baseada. Ou seja, a forma na qual serão coletadas amostras da classificação para comparar com a imagem-referência. O desenho amostral escolhido foi o de amostragem estratificada, que distribui pixels aleatórios levando em consideração o tamanho da área de cada classe e o desvio padrão esperado. A quantidade ideal total de amostras (N) foi calculada de acordo com Olofsson *et al.* (2014), adaptada de Cochran (1977):

$$N = \frac{(\sum_{i=1} (W_i - S_i)/S_0)}{2} \quad (1)$$

Onde N é o número total de amostras; W_i é a proporção (%) de área da classe i dividida por 100; S_i é o desvio padrão esperado para a classe i ; S_o é o desvio padrão esperado para a acurácia global. Para obter S_i , utilizamos:

$$S_i = \sqrt{U_i (1 - U_i)} \quad (2)$$

Onde U_i é o valor conjeturado da acurácia do usuário para a classe i (COCHRAN, 1977). Os valores conjeturados foram baseados de acordo com as assinaturas espectrais conflitantes: classes com mais conflitos foram definidas com maior desvio padrão e menor acurácia. Estes valores conjeturados são uma estimativa para calcular o valor ideal de amostras (pixels) do desenho amostral, somente após a montagem da matriz de confusão serão calculados os valores reais de acurácia e desvio padrão (OLOFSSON *et al.*, 2014). Sendo assim, temos os seguintes valores:

Tabela 2: Valores de cada classe i utilizados para calcular a quantidade ideal de amostras para cada classificação (N), de acordo com as equações (1)(2). U_i = valor conjeturado da acurácia do usuário; S_i = desvio padrão esperado; Área (%) = proporção da área; W_i = proporção da área dividida por 100.

Classe i	U_i	S_i	Ago. 1999			Ago. 2019			Nov. 2019		
			Área (%)	W_i	N	Área (%)	W_i	N	Área (%)	W_i	N
1	0,8	0,2	1,60	0,016		0,83	0,008		1,84	0,018	
2	0,7	0,3	2,08	0,021		3,04	0,030		3,16	0,032	
3	0,9	0,1	21,68	0,217		31,21	0,312		30,90	0,309	
4	0,9	0,1	-	-		2,12	0,021		2,18	0,022	
5	0,7	0,3	64,11	0,641		48,36	0,484		49,74	0,497	
6	0,8	0,2	7,00	0,070		11,20	0,112		10,13	0,101	
7	0,8	0,2	2,07	0,021		2,27	0,023		1,13	0,011	
8	0,8	0,2	0,29	0,003		0,39	0,004		0,23	0,002	
9	0,8	0,2	1,14	0,011	434	0,59	0,006	353	0,69	0,007	358

O valor obtido de N é o valor total de amostras, é necessário fazer uma distribuição estratificada deste valor total para cada classe (N_i). Congedo (2019) propõe a seguinte estratificação, adaptada de Olofsson *et al.* 2014:

$$N_i = \frac{(N/c) + (N \cdot W_i)}{2} \quad (3)$$

Onde c é o número total de classes (nove). O resultado obtido da estratificação para cada ano está resumido na Tabela 3.

Tabela 3: Valores calculados da quantidade ideal de amostras aleatórias estratificadas (N_i) para cada classe i , de acordo com a equação 3.

Classe	N_i (Ago. 1999)	N_i (Ago. 2019)	N_i (Nov. 2019)
1	31	21	23
2	32	25	26
3	74	75	75
4	-	23	24
5	166	105	109
6	42	39	38
7	32	24	22
8	28	20	20
9	30	21	21
Total	434	353	358

Foram então distribuídos aleatoriamente os respectivos pontos de cada classe no arquivo *raster* de cada classificação, utilizando a ferramenta de criação de pixels aleatórios do SCP. A etapa seguinte é chamada de *photo-interpretation*, é uma comparação dos pixels gerados sobrepostos na imagem referência de alta resolução. A matriz de confusão é então elaborada com o resultado desta comparação entre a classificação e a referência, e a partir dela é feito automaticamente o cálculo da acurácia e do coeficiente *kappa* para cada classe.

Adicionalmente, foram feitas visitas de campo: uma na zona de alagamento no dia 12/12/2019 para registro na época de cheia, e outra no dia 16/01/2020 a diversos pontos do município para confirmar áreas de características locais como diferentes formações de restinga e vegetação natural, riachos, áreas alagadas, plantações, vilarejos, entre outros elementos de difícil detecção pelas imagens de satélite.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das três classificações geradas podem ser analisados nos mapas das Figuras 3, 4 e 5. Estão também no anexo em maior resolução no Apêndice (Página 55).

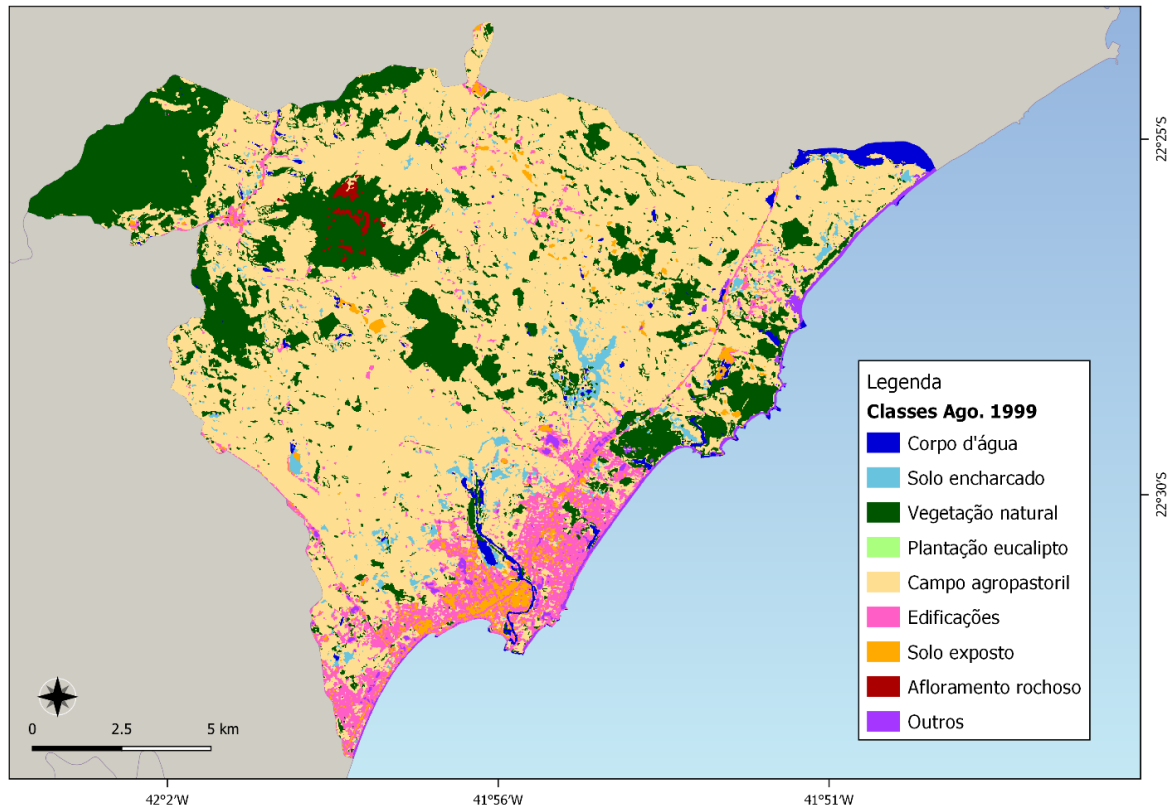


Figura 5: Mapa da classificação de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras em agosto de 1999.

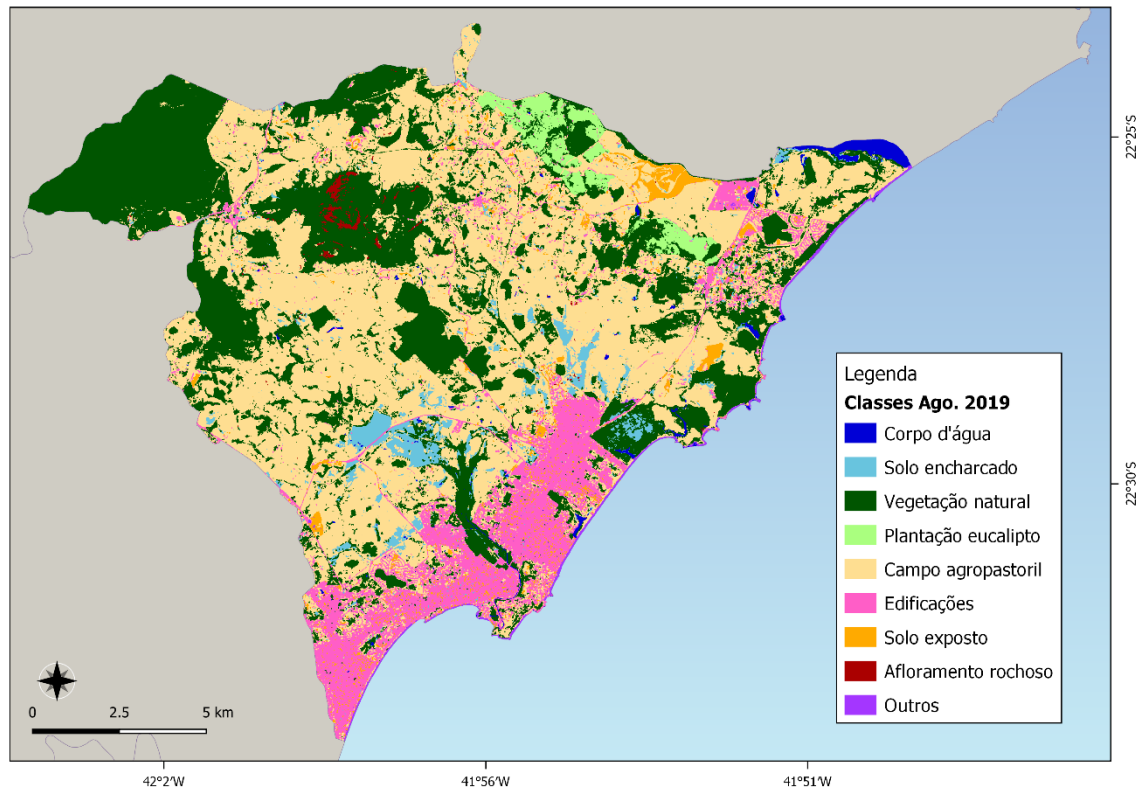


Figura 6: Mapa da classificação de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras em agosto de 2019.

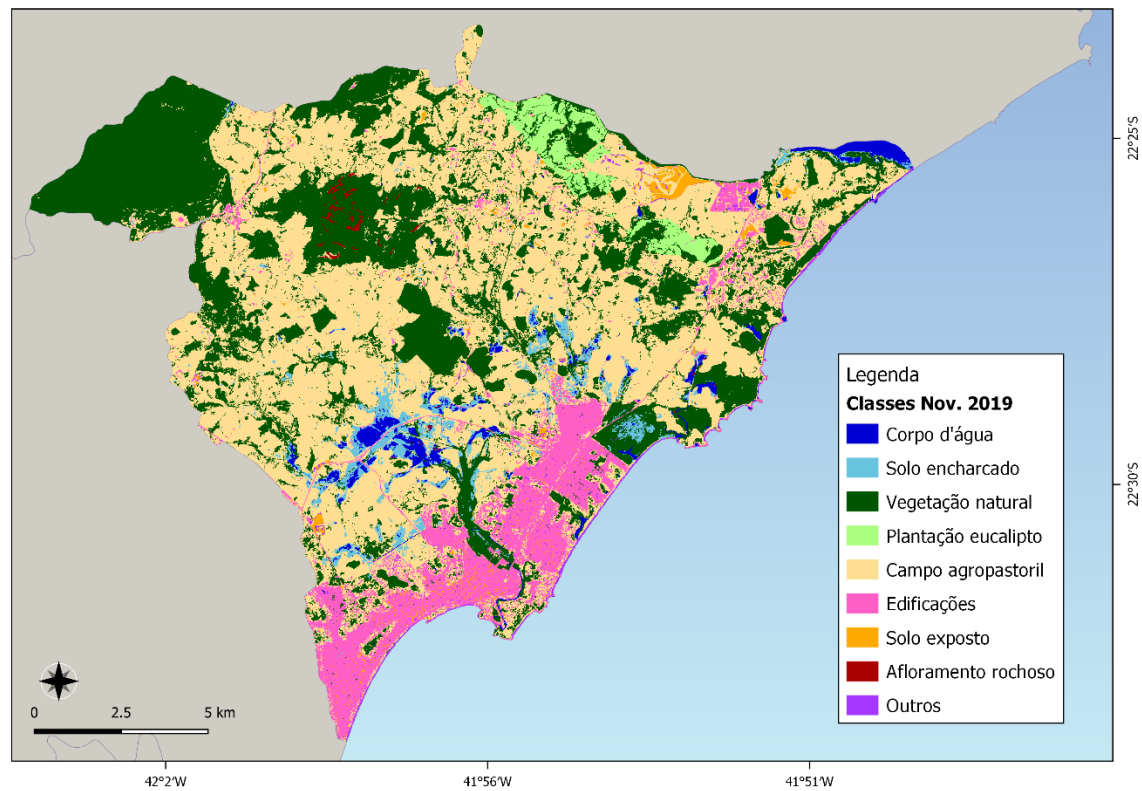


Figura 7: Mapa da classificação de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras em novembro de 2019.

O resultado da acurácia e coeficiente *kappa* mostraram resultados semelhantes, como esperado, e indicam que as classificações realizadas são confiáveis, com exceção para a classe Solo Exposto (classe 7) em novembro de 2019 e para as classes Solo Exposto e Afloramento Rochoso (classes 7 e 8) para agosto de 2019 que obtiveram um valor maior de incoerências nos *pixels* classificados, com valores próximos a 60% para acurácia e 0,6 para o coeficiente *kappa* (Tabela 5) (COHEN, 1960; CONGALTON, 1991). Estas duas classes foram problemáticas em algumas regiões durante a classificação devido à proximidade de sua assinatura espectral com a de demais classes.

Tabela 4: Resultados das técnicas utilizadas (acurácia do usuário e coeficiente *kappa*) para a validação das três classificações para cada classe.

Classes	Ago. 1999		Ago. 2019		Nov. 2019	
	Acurácia do usuário (%)	<i>Kappa</i>	Acurácia do usuário	<i>Kappa</i>	Acurácia do usuário (%)	<i>Kappa</i>
1	93,55	0,935	95,24	0,952	95,65	0,956
2	96,88	0,968	80,00	0,796	76,92	0,763
3	90,54	0,895	92,00	0,908	85,33	0,833
4	-	-	91,30	0,912	87,50	0,874
5	87,95	0,839	93,33	0,916	88,07	0,850
6	85,71	0,853	87,18	0,865	89,47	0,889
7	81,25	0,811	58,33	0,579	59,09	0,588
8	96,43	0,964	65,00	0,649	70,00	0,699
9	76,67	0,766	80,95	0,809	80,95	0,809

Tabela 5: Interpretação do coeficiente kappa (valores de 0 a 1) referente ao desempenho da classificação.

Coeficiente <i>kappa</i>	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

Analisando os mapas, é possível dizer que Rio das Ostras teve grandes mudanças no uso do solo no período de 20 anos.

Observa-se primeiramente a predominância da classe de campo agropastoril. Esta evidentemente ocupa, desde antes de 1999, a maior porcentagem da área de Rio das Ostras (Tabela 6: Resultado de área (km²) e porcentagem de cada classe e período. Deve-se levar em consideração que o litoral brasileiro já havia perdido suas florestas para áreas capinadas desde o início de nossa colonização (DEAN, 1996). Apesar da grande área ocupada, a produção agropecuária em Rio das Ostras é pouco relevante. De fato, todo o estado do Rio de Janeiro é caracterizado pela baixa representatividade econômica do setor agropecuário, em relação ao resto do país (SOUZA, 2019). Esta não é uma tendência recente, pois teve início após o fim dos ciclos de exportação do café e açúcar e decadência das grandes lavouras na metade do século XX (SOUZA *et al.*, 2019). Sendo assim, há décadas todo o estado do Rio de Janeiro, não somente a zona metropolitana, é caracterizado pelo recuo da produção agropecuária e expansão das atividades industriais e urbanas – é o estado mais urbanizado do país (MARAFON, 2006). Entretanto, a atividade rural não é composta somente da produção agropecuária tradicional. Souza (2019) analisa as peculiaridades da ruralidade no estado do Rio de Janeiro, e expõe que o cenário possui grande tendência e potencial para turismo rural, agricultura familiar, produtos orgânicos, artesanais, entre outros nichos de mercado. Rio das Ostras não é exceção ao restante do estado: existem bons exemplos de todos os itens mencionados, incluindo programas de incentivo em conjunto com a prefeitura e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

(EMBRAPA) à agricultura familiar sustentável e sem utilização de agrotóxicos (VIEITES, 2010). O distrito de Cantagalo é destaque neste tipo de produção e serviços, na região encontramos sítios e fazendas com áreas de lazer abertas à visitação, realizando eventos, serviços de restaurante, venda de produtos locais ou de fabricação caseira, entre outros. Este cenário é promissor para a economia do município, porém é importante a manutenção dos programas de incentivos já aplicados, e criação de novos projetos, com possibilidade de participação das universidades locais, que possuem cursos de interesse como nutrição, engenharia e biologia. Um fator de reclamação da população, reportado na visita de campo e que já foi matéria no telejornal Inter TV RJ (G1, 2018) é o acesso e condição das estradas da região, que necessitam de maior atenção para atender ao público crescente do turismo rural. O auxílio da prefeitura na questão de infraestrutura, capacitação profissional e estímulo a estas atividades é essencial para o desenvolvimento rural no interior do Rio de Janeiro como alternativa viável da vida urbana (MARAFON, 2006).

Tabela 6: Resultado de área (km²) e porcentagem de cada classe e período.

Classe	Agosto 1999		Agosto 2019		Novembro 2019	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
1. Corpo d'água	3,7	2	1,9	1	4,2	2
2. Solo encharcado	4,8	2	7,0	3	7,2	3
3. Vegetação natural	49,7	22	71,5	31	70,8	31
4. Plant. de eucalipto	-	-	4,9	2	5,0	2
5. Campo agropastoril	147,0	64	110,8	48	114,0	50
6. Edificações	16,1	7	25,7	11	23,2	10
7. Solo exposto	4,8	2	5,2	2	2,6	1
8. Aflo. rochoso	0,7	0	0,9	0	0,5	0
9. Outros	2,6	1	1,3	1	1,6	1

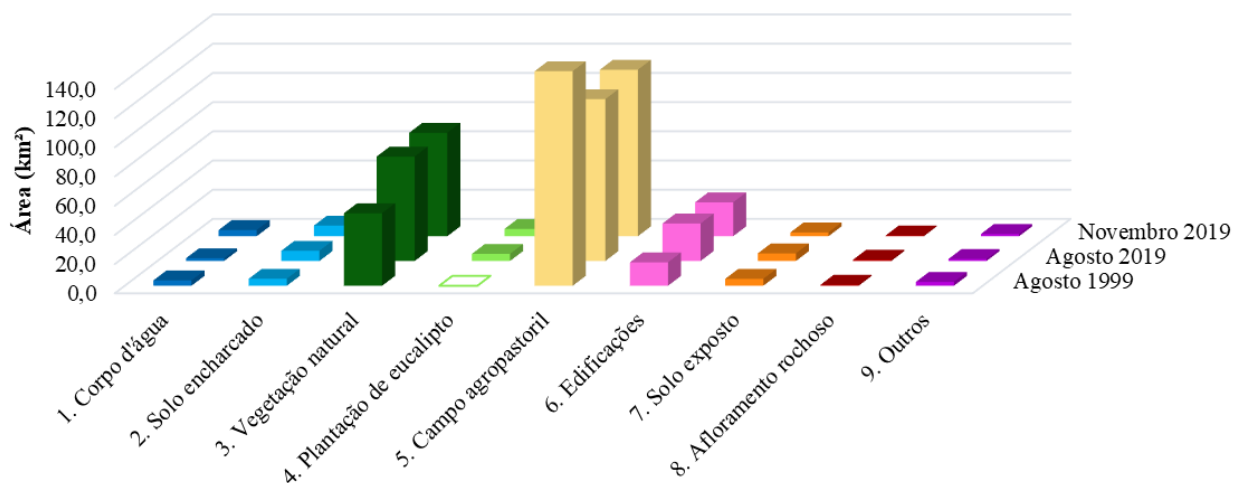


Figura 8: Representação gráfica da área (km²) de cada classe em cada período analisado (Agosto de 1999, Agosto e Novembro de 2019).

Mesmo com a produção familiar ocupando um importante espaço na economia rural de Rio das Ostras, a maior porção da classe campo agropastoril é composta de campos sem nenhum tipo de produção, nem mesmo criação de gado. Do ponto de vista ambiental, é uma configuração espacial preocupante, pois uma região onde outrora havia riqueza de recursos naturais, que poderiam ser conservados e explorados, ocorreu uma redução do espaço para uma configuração de campo sem produção ou retorno econômico. Entre os donos de terras, ainda é predominante a ideia de que a vegetação natural é um empecilho, e não um recurso valioso. O papel da vegetação natural como oferecedor de serviços ecossistêmicos, através da criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), do reflorestamento, do cultivo de agroflorestas, entre outros, ainda enfrenta a barreira da falta de conhecimento da população, evidenciando a importância da educação ambiental na zona rural (ANDRADE; ROMEIRO, 2009a, 2009b).

Já a zona urbana do município possui um cenário contrário ao de retrocesso que ocorreu no campo agropastoril. A mesma é representada pelas classes de edificações e solo exposto na parte sul do mapa, teve um crescimento de 4% em 20 anos, o que pode ser pouco numericamente, porém deve-se levar em consideração o tipo de habitação e urbanização que este aumento representa – as edificações do município vizinho, Macaé, cresceram apenas 0,65% em um período de 15 anos (GUIMARÃES, 2017). A classe de solo exposto era mais expressiva na área urbana devido ao loteamento e preparação de terreno em 1999, estes foram substituídos pelas construções no mapa atual. Souza & Terra (2017) constatam que o aglomerado de municípios Macaé-Rio das Ostras (que inclui também Carapebus, Conceição de Macabu e Casimiro de Abreu) é uma região metropolitana em formação, sendo um dos destaques

econômicos do estado. Também chamam atenção ao ritmo de crescimento e densidade demográfica de Rio das Ostras, o qual chamam de “extraordinário”. Antes uma vila pertencente ao município de Casimiro de Abreu, com economia baseada na pesca, pequenos comércios e agricultura familiar, a emancipação de Rio das Ostras foi o começo da série de mudanças ocorridas na região (CAVALCANTE, 2014). Certamente, o principal motivo do rápido desenvolvimento após sua emancipação, e de seus municípios vizinhos, foi o avanço da exploração de petróleo na Bacia de Campos. Este fator, além de trazer mais habitantes atraídos pelas oportunidades de emprego, também contribuiu com *royalties* para a prefeitura, o que permitiu investimentos em infraestrutura e qualidade de vida, que se tornaram um forte componente oferecido por Rio das Ostras (OLIVEIRA, 2008; GOMES, 2009; CAVALCANTE, 2014).

Essa alavancada na economia municipal faz de Rio das Ostras uma cidade peculiar, onde é possível haver investimento no planejamento urbano enquanto a cidade ainda cresce, evitando diversos problemas que muitas cidades enfrentam atualmente, devido à falta de planejamento no passado, como a favelização, falta de saneamento básico, desmatamento e destruição de potenciais áreas turísticas, descuido com o Plano de Bacias, drenagem urbana ineficiente, entre outros fatores que levam a desastres urbanos e ambientais, ou comprometem o abastecimento de água, a saúde pública, a qualidade de vida e também a economia do município. Para aproveitar esta vantagem, a prefeitura deve ouvir a população, seguir as recomendações de profissionais e pesquisadores relacionados ao planejamento urbano, tanto da área social quanto da infraestrutura, incluindo as instituições de ensino, o Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras, além de outros interessados nas decisões do município. Embora diversas decisões equivocadas já tenham sido tomadas, ainda é possível evitar as soluções rápidas e de baixo custo, porém prejudiciais e custosas ao longo termo, repetindo os mesmos erros das cidades mais maduras. De uma forma geral, a prefeitura se mostrou engajada na participação social e em políticas públicas nos últimos anos (SOUZA, 2008), afinal o *slogan* da cidade é a qualidade de vida: “Rio das Ostras, um bom lugar para se viver”, embora o município ainda tenha muito a melhorar neste quesito.

O rio das Ostras, em sua parte que atravessa a cidade, apresentava maior largura em 1999, apesar da preocupante ausência de mata ciliar. Embora um estudo histórico da hidrologia da bacia seja necessário para uma maior exatidão na interpretação dos dados, este cenário de maior largura do rio pode ser reflexo da ausência de mata ciliar e vegetação natural na região em um estado inicial, anterior ao de assoreamento: já que assim ocorre um maior escoamento de água da bacia para o rio em épocas de cheia e chuvas intensas, considerando a ausência de

vegetação para absorver o excesso de água. É possível observar que havia menos solo encharcado na região próxima aos rios em 1999, outra indicação desta hipótese. E então ao longo do tempo ocorre o assoreamento, e conseqüentemente maior alagamento da região ao redor, como vistos atualmente. Para piorar a situação do rio das Ostras, neste período de 20 anos o rio recebeu (e ainda recebe) dejetos e lixo doméstico, e muitas áreas de várzeas e mangues foram destruídos e aterrados devido à urbanização. A área de vegetação natural que é vista hoje ao longo do rio é resultado de um esforço de reflorestamento de sua mata ciliar, revitalização de parte do manguezal, e remoção de habitações irregulares (GOMES, 2009). Ainda assim, o trecho do rio que atravessa a cidade possui pressão imobiliária, e o cuidado com as construções indevidas deve permanecer tanto para as moradias humildes quanto para os condomínios luxuosos, visto que estes últimos em muitas situações também abusam, impunes, das leis ambientais, levando a uma situação de injustiça ambiental (LIMA; BATILANI, 2017). Apesar do esforço de reflorestamento no trecho urbano, na área rural a mata ciliar é completamente inexistente ou pouco expressiva na maior parte da extensão dos rios. O desmatamento ocorreu para dar espaço ao campo agropastoril, que, como já foi discutido, é quase improdutivo atualmente, sendo caracterizado por campo vazio. Portanto, o rio das Ostras, o Jundiá e o Iiri hoje sofrem pela ausência de mata ciliar sem propósito, causando graves conseqüências ambientais, a troco de ínfimo retorno econômico ou social.

Assim como a mata ciliar, toda área de vegetação natural era menor vinte anos atrás, com maior presença do campo agropastoril na matriz rural. Os fragmentos florestais de maior porte mantiveram a mesma configuração, porém percebe-se o aumento de suas bordas e diminuição de clareiras. Muitos novos fragmentos menores são observados em 2019, que devido ao tamanho podem ser insuficientes para abrigar comunidades biológicas, porém são extremamente importantes como corredores ecológicos, e também para proteção do solo contra processos erosivos e diminuição do excesso de água que escoam para os rios, diminuindo alagamentos na cidade. Esta configuração de diminuição do desmatamento e aumento do reflorestamento natural (não conduzido) na matriz rural é comum em diversos municípios do estado do Rio de Janeiro, devido às questões relacionadas ao recuo do setor agropecuário e aumento da procura por atrações turísticas naturais que foram discutidas anteriormente.

Outra diferença evidente no período de 20 anos é a ausência das plantações de eucalipto em 1999, sendo que atualmente estas se estendem até o município vizinho ao norte, Macaé. As plantações ocupam uma considerável porcentagem da área do município, e é importante atentar ao fato de que as árvores do gênero *Eucalyptus* sp. são espécies exóticas e que, ecologicamente, florestas de eucalipto não substituem as florestas naturais da Mata Atlântica. Vital (2007)

resume conclusões de diversos estudos sobre os impactos positivos e negativos das plantações de eucalipto. Em relação a outras monoculturas e pastagens, a plantação de eucalipto traz impactos positivos, como maior biodiversidade, menos erosão e mais nutrientes no solo. Porém, em relação a uma floresta de Mata Atlântica, os impactos são negativos: perda de biodiversidade, maior erosão do solo e perda de nutrientes por lixiviação. Como o cultivo também é positivo economicamente, gerando emprego e renda, é interessante harmonizar a exploração deste recurso com a preservação ambiental, o que é possível utilizando técnicas de manejo que reduzem os impactos negativos da monocultura de eucalipto.

Por exemplo, é possível reduzir a perda de nutrientes na colheita preservando folhas, cascas e raízes no local da extração, elementos que podem conter até 70% dos nutrientes de uma árvore de eucalipto (VIDAL, 2007; MOLEDO *et al.*, 2016). Também é de vital importância para a biodiversidade local a existência de corredores ecológicos de vegetação natural entre os lotes de plantio de eucalipto – chamada técnica de plantação em mosaico, que permite a travessia e expansão de espécies animais e vegetais, conservando a diversidade genética da região próxima à monocultura (VIDAL, 2007; MOLEDO *et al.*, 2016). É possível observar pelos mapas de 2019 que as florestas de eucalipto de Rio das Ostras possuem porções de floresta nativa em seu interior, como recomendado. Além disso, pelo mapa de 1999 é possível ver que a plantação foi estabelecida em áreas onde havia pastagens (ou campo agropastoril), e manteve os fragmentos já existentes de Mata Atlântica, que até expandiram. De acordo com Vidal (2007), esta é a maneira ideal para planejar monoculturas de eucalipto: aproveitando áreas já degradadas, não sendo necessário realizar adicional desmatamento de floresta nativa. Além disso, Gabriel *et al.* (2013) afirmam que o setor florestal possui grande potencial de contribuição para a conservação de fragmentos florestais nativos e para o avanço do conhecimento das espécies da flora nacional, desde que seja respeitado o plano de manejo de acordo com as peculiaridades do plantio e do ambiente da região. Deste ponto de vista, conclui-se que a cultura de eucalipto em Rio das Ostras é um fator positivo economicamente e ambientalmente, embora recomenda-se análise das técnicas de manejo utilizadas e manutenção das florestas nativas em seu interior.

Na comparação entre períodos de seca e cheia dos rios (agosto e novembro, respectivamente) para o ano de 2019, observa-se uma permanência de áreas alagadas em agosto, embora sejam em menor proporção do que em novembro. Durante a cheia, uma parte dos campos alagados “evolúram” para corpos d’água temporários, devido à maior quantidade de água acumulada. Ambas as classes Corpos d’Água e Solo Encharcado devem ser analisadas em conjunto, pois uma certa área pode oscilar entre ambas, como mencionado. Sendo assim, nota-

se que a área total destas classes hídricas em conjunto teve uma alteração ínfima no período de 20 anos, comparando agosto de 1999 e 2019, com sua soma de áreas (Corpo d'Água + Solo Encharcado) aumentando de 8,5 para 8,9 km² apenas. Já entre agosto e novembro de 2019, nota-se um aumento de 8,9 para 11,5 km², este aumento sendo equivalente a 1% da área do município. É importante notar que muitos riachos, regiões mais escassas dos rios e canais não aparecem nos mapas, apesar de influenciarem a existência e permanência das áreas alagadas, algo perceptível comparando os mapas gerados neste projeto com mapas da hidrologia de Rio das Ostras (RIO DE JANEIRO, 2013).

Embora o rio das Ostras não seja utilizado para abastecimento urbano em larga escala, seu comportamento está conectado com as bacias hidrográficas próximas, portanto seu estado atual está relacionado também com a segurança hídrica da população. Sua importância direta mais evidente para o município é sua utilização na agricultura e zona rural, disposição final do esgoto e drenagem urbana. Um estudo mais detalhado utilizando uma maior faixa temporal é necessário para entender melhor o ciclo hidrológico do município e seus impactos no uso do solo. Entretanto, com os dados atuais é possível confirmar a vulnerabilidade destes recursos hídricos, que podem afetar a população caso não haja manejo de seu uso. Os fatores perceptíveis no mapa de uso e cobertura do solo são a persistente ausência de mata ciliar dos rios das Ostras e Iriri, embora uma extensão tenha sido recuperada, e também o estado de assoreamento destes. Ambos os rios se tornam tão assoreados em certas extensões que deixam de aparecer nas imagens de satélite – embora não sejam grandes rios naturalmente, é preocupante permitir que se tornem pequenos filetes de água, afetando os serviços à população e à biodiversidade.

Avaliando os dados de uso e cobertura do solo do município de Rio das Ostras, sugerimos ações no ambiente rural e urbano que possam mitigar ou reduzir os danos sociais, econômicos e ambientais causados pelo mal-uso da paisagem.

No ambiente rural, o grande potencial é o turismo rural, como mencionado anteriormente. Para auxiliar o desenvolvimento deste setor, recomendamos à gestão municipal programas de incentivo e capacitação da população local, voltados para a agropecuária sustentável, produção e venda de produtos orgânicos, e administração do próprio negócio. Outra questão de responsabilidade do governo municipal é a infraestrutura da região, sendo necessária a manutenção e das estradas de asfalto e de barro, ou pavimentação de alguns trechos, que podem afetar o acesso de moradores e turistas. Uma vantagem de Rio das Ostras é a presença de universidades locais, que devem ser convidadas a elaborar programas de extensão universitária para os cursos relacionados à produção e economia rural, trazendo benefícios para a população e oportunidade de projetos interessantes para a academia.

Outro fator de destaque na região rural é a ausência de mata ciliar nos rios das Ostras e Iriri. Não foi observada produção rural em grande parte da extensão dos rios onde há necessidade de reflorestamento da mata ciliar, ou seja, as medidas seriam simples para a implementação deste objetivo, não havendo necessidade de realocação de residências. Muitos estudos demonstram que a recuperação da mata ciliar no bioma Mata Atlântica pode ser realizada pelo método de reflorestamento natural, onde não há necessária intervenção ou investimento financeiro, apenas permitir que a vegetação se recupere sozinha (BRAGA; MENDES; FONSECA, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2012). Este processo foi o responsável pelo aumento da cobertura florestal do município nos últimos anos, como foi dito anteriormente. O mesmo pode ocorrer à mata ciliar, porém este método é limitado às regiões que já possuem vegetação próxima. No caso da extensão dos rios que atravessa pastos completamente capinados, é necessária a plantação de mudas para iniciar ou agilizar o processo de reflorestamento, método conhecido como semeadura direta, o que possui um custo financeiro – baixo, se comparado a recuperação de outros biomas menos produtivos (BOTELHO ; DAVIDE, 2002; RIBEIRO *et al.*, 2012). Além disso, após a plantação das mudas, a manutenção se resume a um simples acompanhamento do processo de crescimento, outra vantagem permitida pela Mata Atlântica (BOTELHO; DAVIDE, 2002; GALVÃO; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2005).

Na região urbana, a prefeitura realizou um bom investimento em infraestrutura nos últimos anos, melhorando as condições de saneamento básico do município e também colaborando para a preservação ambiental devido aos esforços para ampliar o sistema de tratamento de esgoto. Também foram positivos os esforços de reflorestamento da mata ciliar na extensão do rio das Ostras que ultrapassa a cidade, auxiliando a drenagem urbana. Certamente o município ainda apresenta desafios em sua gestão, principalmente devido ao intenso aumento populacional. Algumas ferramentas já estão à disposição da prefeitura para garantir que Rio das Ostras tenha um desenvolvimento sustentável, e não apenas um crescimento caótico. Uma destas ferramentas é o Plano Diretor de Rio das Ostras, que conta com um planejamento de regras de ocupação do solo (RIO DAS OSTRAS, 2006), onde é necessária a fiscalização das ações indicadas no Plano. Outro instrumento essencial disponível para a gestão é o Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras, que deve ser incluído nas decisões do município que remetem ao uso do solo e hidrografia da região, pois possuem relatórios e dados científicos das características hidrológicas e também ambientais e sociais do município. Em questão de gestão urbana, também é sempre mencionada a importância da educação ambiental, porém na prática é comum este assunto não ser levado a sério da maneira que deveria. Muitos

profissionais e pesquisadores da educação ambiental enfrentam dificuldades em obter espaço para aplicar propostas eficazes, transformadoras e interdisciplinares. Deve-se primeiramente dar espaço e voz a estes profissionais, pois são eles que levarão nossa sociedade à mudança de pensamento, mudança de hábitos nocivos. É necessário que o cidadão comum entenda porque deve-se preservar o ambiente onde vivemos – apenas impor leis ambientais sem aplicar a educação ambiental gera revolta e desentendimento na população em relação à preservação ambiental, que ainda é vista como antagônica ao desenvolvimento econômico.

A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005), um programa internacional de relatórios científicos sobre o ecossistema global, afirma que devem ser elaborados mais estudos interdisciplinares nos ecossistemas de intenso uso humano. Já Foley *et al.* (2005) atentam ao fato de que não somente mais estudos devem ser feitos, como também a colaboração entre pesquisadores e profissionais de cada área (produtores rurais, arquitetos, engenheiros, empreendedores, tomadores de decisão, etc). O conhecimento científico acerca do uso do solo deve ser somado às aplicações na sociedade com urgência, para não comprometermos a saúde da população humana e integridade da diversidade biológica e da biosfera.

5. CONCLUSÕES

A aplicação das ferramentas de geoprocessamento na ecologia da paisagem possibilitou um melhor entendimento de como o município de Rio das Ostras utiliza seu espaço. A qualidade das imagens obtidas dos satélites Sentinel-2 e Landsat-7 foram satisfatórias para identificar os elementos da paisagem, e o *software* gratuito QGIS, com auxílio dos complementos Semi-Automatic Classification (SCP) e *Orfeo ToolBox* (OTB), forneceram as ferramentas necessárias para manuseio destas imagens e criação dos mapas de uso e cobertura do solo.

A partir dos mapas gerados, foi possível perceber as mudanças do uso e cobertura do solo em Rio das Ostras no período de 20 anos. Houve um aumento na área das classes Corpo d'Água, Solo Encharcado, Vegetação Natural, Plantação de Eucalipto e Edificações, enquanto as classes Campo Agropastoril, Solo Exposto, Afloramento Rochoso e Outros sofreram reduções. A classe que mais reduziu foi Campo Agropastoril, cedendo 33 km² para as classes em expansão, porém ainda predominante – 50% da área do município no mapa mais recente (2019). Este cenário é um reflexo da retração da atividade agropecuária na região, que permitiu um crescimento de 9% da cobertura florestal no município devido ao avanço natural de fragmentos florestais na ausência da manutenção da capinação dos pastos. Também ocupando uma posterior área de Campo Agropastoril está a recente Plantação de Eucalipto, com 2% da área de Rio das Ostras atualmente. As classes Afloramento Rochoso e Outros não sofreram mudanças relevantes, ocupando as mesmas porcentagens de área desde 1999 – 0 e 1%, respectivamente.

Os principais rios do município estudado são o rio das Ostras e rio Iriri, que se encontram assoreados devido à ausência de mata ciliar em grande parte de sua extensão. Recomenda-se dois métodos de reflorestamento simples e de baixo custo financeiro: o reflorestamento natural (onde há vegetação próxima) ou o reflorestamento por semeadura direta (em campos abertos). O rio das Ostras e suas áreas de alagamento tem um papel fundamental na manutenção do município, sendo utilizado para abastecimento de propriedades rurais, abastecimento para a produção agropecuária, disposição final do esgoto e drenagem urbana.

O crescimento urbano pode ser quantificado pelo aumento de 3% da classe Edificações. Portanto, outros fatores qualitativos representam este crescimento, como o desenvolvimento dos tipos de moradias e quantidade maior de famílias ocupando o mesmo espaço. A diminuição

da classe Solo Exposto também é reflexo da urbanização, onde diversos loteamentos que foram classificados como tal em 1999, se tornaram edificações finalizadas atualmente.

Na zona urbana, é importante a ordenação do crescimento, garantindo a segurança ambiental e social na instalação de novas residências. O município já conta com um planejamento de uso do solo em seu Plano Diretor. Porém é necessário fortalecer a fiscalização em cima de construções irregulares e crimes ambientais. Por ser um município ainda em crescimento que recebe auxílio em forma de *royalties* da exploração petrolífera, Rio das Ostras tem um grande potencial de se tornar uma cidade mais atrativa e com uma economia mais independente, visando à sustentabilidade e qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLQVIST, O. In search of classification that supports the dynamics of science: The FAO Land Cover Classification System and proposed modifications. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 35, n. 1, p. 169–186, 2008.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital Natural, Serviços Ecosistêmicos e Sistema Econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. **Texto para Discussão, IE/UNICAMP**, v. 159, 2009a.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão, IE/UNICAMP**, v. 155, 2009b.
- AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICA DO MILÊNIO (AM). **Ecossistemas e bem-estar humano – estrutura para uma avaliação**. SENAC. 2005. 379 p.
- BARROS, A. P. Water for food production - opportunities for sustainable land-water management using remote sensing. **International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)**, v. 4, n. 1, p. 271–274, 2008.
- BAUR, A. H.; FÖRSTER, M.; KLEINSCHMIT, B. The spatial dimension of urban greenhouse gas emissions: analyzing the influence of spatial structures and LULC patterns in European cities. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 7, p. 1195–1205, 2015.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. **Simpósio nacional sobre recuperação de áreas degradadas.**, v. 5, p. 123–145, 2002.
- BRAGA, F. D. A.; MENDES, A. D. O.; FONSECA, A. R. Avaliação de áreas ciliares regeneradas naturalmente às margens do rio Itapecerica em Divinópolis, MG. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal - R.C.E.E.F.**, v. 15, n. 1, p. 1–12, 2010.

CÂMARA, G. *et al.* **Introdução à ciência da geoinformação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.

CASIMIRO, P. C. Uso do Solo - Ecologia da Paisagem Perspectivas de uma nova abordagem do estudo da Paisagem em Geografia. **Revista GeoInova**, v. 2, n. 4, p. 1–18, 2000.

CAVALCANTE, P. H. F. **O processo de urbanização do bairro Nova Cidade, na cidade de Rio das Ostras, na perspectiva do direito à cidade**. Trabalho de Conclusão de Curso (Serviço Social) - Universidade Federal Fluminense, 2014.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 5, p. 893–903, 2009.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, p. 37–46, 1960.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35–46, 1991.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation - Release 6.4.0**. Disponível em: <<https://media.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v4/latest/semiautomaticclassificationmanual-v4.pdf>>.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/info_territorios/div_poli/Estado_RJ_2010_Jubileu.jpg>.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

DI GREGORIO, A. **Land Cover Classification System**. 2016.

EASTMAN, J. **Guide to GIS and Image Processing**. v. 1, Clark University, 2001.

FIDALGO, E. C. C. *et al.* Mapeamento do uso e da cobertura atual da terra para indicação de áreas disponíveis para reservas legais: estudo em nove municípios da região Amazônica.

Revista Árvore, v. 27, n. 6, p. 871–877, 2003.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Missão Sentinel-2**. Disponível em:

<<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

FOLEY, J. A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 185–201, 2002.

GABRIEL, V. DE A. *et al.* A importância das plantações de eucalipto na conservação da biodiversidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 203–213, 2013.

GALLO, K. P.; EASTERLING, D. R.; PETERSON, T. C. The influence of land use/land cover on climatological values of the diurnal temperature range. **Journal of Climate**, v. 9, p. 2941–2944, 1996.

GALVÃO, P.A.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 143 p., 2005.

GLOBO COMUNICAÇÃO. Reportagem: Moradores reclamam das condições da estrada de Cantagalo em Rio das Ostras. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/bom-dia-rio/videos/t/edicoes/v/moradores-reclamam-das-condicoes-da-estrada-de-cantagalo-em-rio-das-ostras/7203802/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

GOMES, M. L. M. Ocupação Urbana de Rio das Ostras: elementos definidores e os impactos nos recursos hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 3, n. 2, p. 145–161, 2009.

GRAHAM, S. **Remote sensing: introduction and history**. NASA Earth Observatory, 1999. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

GROVE, R. **Green Imperialism: colonial expansion, tropical island edens and the origins of environmentalism, 1600–1860**. New Delhi: Oxford University Press, 1995. 540p.

GUEDES, M. A importância do patrimônio cultural local em Rio das Ostras (RJ). **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

GUIMARÃES, L. G. **Mudanças no uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Macaé**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Macaé, 2017.

HANSFORD, J. *et al.* Early Holocene human presence in Madagascar evidenced by exploitation of avian megafauna. **Science Advances**, v. 4, n. 9, 2018.

HERSHKOVITZ, I. *et al.* The earliest modern humans outside Africa. **Science**, v. 359, p. 456–459, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO CHICO MENDES DA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio) – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 2018.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Mapa de Fitofisionomia do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: INEA, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Série Landsat**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

KERSKI, J. J. Geo-awareness, geo-enablement, geotechnologies, citizen science, and

storytelling: Geography on the world stage. **Geography Compass**, v. 9, n. 1, p. 14–26, 2015.

KOMP, K. U.; HAUB, C. Global monitoring for food security and sustainable land management – Recent advances of remote sensing applications to African and Siberian show cases. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science**, v. XXXIX, n. B8, p. 265–270, 2012.

LECK, H. *et al.* Tracing the Water-Energy-Food Nexus: Description, Theory and Practice. **Geography Compass**, v. 9, n. 8, p. 445–460, 2015.

LIMA, P. G.; BATILANI, M. L. Gestão ambiental: instrumento para proporcionar qualidade de vida e agente de prevenção à injustiça ambiental no meio ambiente urbano. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 5, n. 1, p. 20–34, 2017.

LIMA, M. DA G. D'ALMEIDA. **Pérola entre o rio e o mar - história de Rio das Ostras**. Função Rio das Ostras, 2004.

LIN, C. *et al.* Effects of atmospheric correction and pansharping on LULC classification accuracy using WorldView-2 imagery. **Information Processing in Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 25–36, 2015.

LINNAEUS, C. **Systema naturae, sive regna tria naturæ systematice proposita per classes, ordines, genera, & species**. 1735. 30 p.

LÓPEZ, S.; VAN DORP, L.; HELLENTHAL, G. Human Dispersal Out of Africa: A Lasting Debate. **Evolutionary Bioinformatics**, v. 11s2, 2015.

MACPHEE, R. D. E.; SUES, H. D. **Extinctions in Near Time**. Springer Science, 1999.

MARAFON, G. J. Agricultura familiar, pluriatividade e turismo rural: reflexões a partir do território fluminense. **Campo-território: Revista de Geografia Agrária**, v. 1, n. 1, p. 17–60, 2006.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA'E GA - O Espaço**

Geografico em Analise, v. 8, n. 8, p. 83–91, 2004.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. 2012.

MENG, X. et al. Review of the pansharpening methods for remote sensing images based on the idea of meta-analysis: Practical discussion and challenges. **Information Fusion**, v. 46, p. 102–113, 2019.

METCALF, J. L. *et al.* Synergistic roles of climate warming and human occupation in Patagonian megafaunal extinctions during the Last Deglaciation. **Science Advances**, v. 2, n. 6, 2016.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1–2, p. 1–9, 2001.

MOLEDO, J. C. *et al.* Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: Uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 512–530, 2016.

MUSSI, R. M. G.; BOHRER, C. B. DE A. O Corredor Ecológico do Muriqui: uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto para delimitação e mapeamento do uso e cobertura do solo do corredor. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 3190–3196, 2011.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Landsat then and now**. Disponível em <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **TIROS, the nation's first weather satellite**. 2017. Disponível em: <https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1627.html>. Acesso em: 10 dez. 2019.

NOVO, E. M. L. DE M.; PONZONI, F. J. Introdução ao sensoriamento remoto. 2001.

OGECHI, B. A.; HUNJA, W. E. Land Use Land Cover Changes and Implications for Food Production: A Case Study of Keumbu Region Kisii County, Kenya Benard Abere Ogechi ministry of lands and physical planning Land Use Land Cover Changes and Implications for Food Production: A Case Study . **International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN**, v. 3, p. 1097–1109, 2012.

OLIVEIRA, A. C. **Democratização do Processo Decisório em Municípios Beneficiários dos Royalties Petrolíferos: a experiência de Rio das Ostras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Centro Federal de Educação Tecnologia de Campos, Campos dos Goytacazes, 2008.

OLIVEIRA, R. DE A.; ABREU, R. M. DO R. M. Relações entre Memória, História e o Museu de Arqueologia. **XIV Encontro Regional da ANPUH-RIO**, 2010.

OLOFSSON, P. *et al.* Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote Sensing of Environment**, v. 148, p. 42–57, 2014.

PÁDUA, J. A. As bases teóricas da história ambiental. **Estudos Avancados**, v. 24, n. 68, p. 81–101, 2010.

PANTALEÃO, E.; SCOFIELD, G. B. Comparação entre medidas de acurácia de classificação para imagens do satélite ALOS. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, p. 7039–7046, 2009.

PRIOSTE, M. A. O. **Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

RIBEIRO, P. R. C. *et al.* Métodos de recuperação de mata ciliar como proposta de recuperação de nascentes no cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1866–1882, 2012.

GROVE, R. **Green Imperialism: Colonial Expansion, Tropical Island Edens and the Origins of Environmentalism**. Cambridge University Press, 1995.

RICHARDS, J.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. Berlin: Springer, 2006.

RIO DAS OSTRAS. **Dados municipais**. Disponível em: <<https://www.riodasostras.rj.gov.br/dados-municipais/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

RIO DAS OSTRAS. Lei Complementar nº. 004/2006. Dispõe sobre o Plano Diretor, o sistema e o processo de planejamento e gestão do desenvolvimento urbano do Município de Rio das Ostras, 2006.

RIO DE JANEIRO, G. E. DO. **Relatório de caracterização e mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da região hidrográfica Macaé e das Ostras (RD-03)**. 2013.

ROSA, R. **Introducao Ao Geoprocessamento**. Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

RWANGA, S. S.; NDAMBUKI, J. M. Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. **International Journal of Geosciences**, v. 08, n. 04, p. 611–622, 2017.

SALTRE, F.; BRADSHAW, C. J. A. Are we really in a 6th mass extinction? Here's the Science. **Science Alert**, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencealert.com/here-s-how-biodiversity-experts-recognise-that-we-re-midst-a-mass-extinction>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

SANTOS, A. R. DOS. Apostila de Sensoriamento Remoto. p. 87, 2013.

SANTOS, M. **Pensando o espaço do homem**. 5. ed. 3. reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

SILVA, F. J. L. T. DA; ROCHA, D. F.; AQUINO, C. M. S. DE. GEOGRAFIA, GEOTECNOLOGIAS E AS NOVAS TENDÊNCIAS DA GEOINFORMAÇÃO: indicação de estudos realizados na região Nordeste. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 2, n. 6, p. 176, 2017.

SMITH, F. A. *et al.* Body size downgrading of mammals over the late Quaternary. **Science**, v. 360, n. 6386, p. 310-313, 2018.

SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S.; FARIA, K. M. S. Geografia e ecologia da paisagem: pontos para discussão. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 3, p. 557–566, 2013.

SOARES FILHO, B. S. **Análise De Paisagem : Fragmentação E Mudanças**. Centro de Sensoriamento Remoto - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998..

SOCIETY OF WOMAN GEOGRAPHERS (SWG). **Pruitt Dissertation Fellowships**. Disponível em: <<http://www.iswg.org/fellowships/pruitt-fellowships>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

SOHL, T.; SLEETER, B. Role of remote sensing for land-use and land-cover change modeling. **Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications**, n. May, p. 225–239, 2016.

SOUZA, J.; TERRA, D. C. T. Rio de Janeiro: rumo a uma nova região metropolitana ? **Cadernos Metr pole**, v. 19, n. 40, p. 817–840, 2017.

SOUZA, P. M. *et al.* Análise regional da produ o agropecuária do Rio de Janeiro, considerando-se os segmentos familiar e não familiar. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 645, 2019.

SOUZA, R. C. C. L. *et al.* Archaeozoology of marine mollusks from Sambaqui da Tarioba, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brazil. **Zoologia**, v. 27, n. 3, p. 363–371, 2010.

SOUZA, R. P. DE. O Desenvolvimento Rural no Estado do Rio de Janeiro a partir de Uma Análise Multidimensional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 1, p. 109–126, 2019.

SOUZA, T. C. **O exercício da participa o social na constru o de políticas públicas a partir do diagnóstico da cobertura vegetal no município de Rio das Ostras**. Disserta o

(Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, Campos dos Goytacazes, 2008.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao sensoriamento remoto**. INPE, 2019. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

TAHA, H.; KONOPACKI, S.; GABERSEK, S. Impacts of large-scale surface modifications on meteorological conditions and energy use: A 10-region modeling study. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 62, p. 175–185, 1999.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. **Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process**. 2. ed. New York: Springer, 2015.

VENTURIERI, A. *et al.* Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 1127–1134, 2005.

VIEITES, R. G. Agricultura Sustentável: Uma Alternativa Ao Modelo Convencional. **Revista Geografar**, v. 5, n. 2, p. 1–12, 2010.

VIDAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista Do BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235–276, 2007.

WALKER, H. J. Evelyn Lord Pruitt, 1918–2000. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 96, n. 2, p. 432–439, 2006.

WECKMÜLLER, R.; SLOVINSCKI, N. C.; VICENS, R. S. Análise multitemporal como subsídio à identificação da trajetória evolutiva do uso e cobertura da terra no corredor ecológico do Muriqui/RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 3, p. 467–477, 2013.

APÊNDICE

Nas próximas páginas, versões em maior resolução das Figuras Figura 5 Figura 6 Figura 7, respectivamente.

