



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v15n12021p125-143

Submetido em: 21 jan. 2021

Aceito em: 06 mai. 2021

Análise espacial do município de Italva/RJ a partir dos mapeamentos do uso e ocupação das terras entre os anos 1997, 2007 e 2017

Igor Soares Cruz  <https://orcid.org/0000-0002-6395-9222>

Graduação em Geografia pela Universidade Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes – Brasil. E-mail: igorsoarescruz@gmail.com

Claudio Henrique Reis  <https://orcid.org/0000-0001-8597-3642>

Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor nos cursos de Graduação (Bacharelado e Licenciatura) em Geografia e Mestrado em Geografia do Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal Fluminense - Campos dos Goytacazes - Brasil. E-mail: claudioreis@id.uff.br

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo apresentar o mapeamento do uso e ocupação das terras do município de Italva/RJ entre os anos de 1997, 2007 e 2017 com o intuito de compreender a organização espacial no que se refere a urbanização, áreas de culturas e vegetação, entre outros atributos de classificação da área estudada. Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se o programa livre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Spring versão 5.5.5), fazendo uma segmentação por região utilizando o classificador *Bhattacharya*. Após as produções cartográficas, foi aplicado o índice Kappa a fim de determinar a qualidade dos produtos obtidos (que alcançaram um índice “excelente”) para, em seguida, fazer a análise espacial através dos mapas, tabela e gráfico produzidos dos dados retirados do *software* em planilhas.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Processamento Digital de Imagens. Sistemas Orbitais. Classificador *Bhattacharya*. Italva/RJ.

Space analysis of the county of Italva-RJ from the mapping of land use and occupation between the years 1997, 2007 and 2017

Abstract: The present study aims to present the mapping of land use and occupation of the county of Italva-RJ, between 1997, 2007 and 2017, in order to understand the spatial organization with regard to urbanization, crop areas, vegetation and among other classification attributes of the studied area. For the development of the study, it was used the free program of the National Institute for Space Research (Spring version 5.5.5), was used, segmenting by region using the *Bhattacharya* classifier. After the cartographic productions, the Kappa index was applied to determine the quality of the products obtained (which obtained an “excellent” index) and then perform the spatial analysis through the maps, table and graph produced from the data taken from the software in spreadsheets.

Keywords: Remote sensing. Digital Image Processing. Orbital systems. *Bhattacharya* classifier. Italva-RJ.

Análisis espacial del municipio de Italva-RJ a partir del mapeo de uso y ocupación del suelo entre los años 1997, 2007 y 2017

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo presentar el mapeo de uso y ocupación del suelo en el municipio de Italva-RJ, entre 1997, 2007 y 2017, con el fin de comprender la organización espacial en cuanto a urbanización, áreas de cultivo, vegetación y otros atributos de clasificación de el área estudiada. Para el desarrollo del trabajo se utilizó el programa gratuito del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Spring versión 5.5.5), segmentando por región utilizando el clasificador *Bhattacharya*. Luego de las

producciones cartográficas, se aplicó el índice Kappa para determinar la calidad de los productos obtenidos (que obtuvo un índice "excelente") y luego realizar el análisis espacial a través de los mapas, tabla y gráfico producidos a partir de los datos tomados del software en hojas de cálculo.

Palabras clave: Teledetección. Procesando imagen digital. Sistemas orbitales. Clasificador Bhattacharya. Italva-RJ.

1 Introdução

O município de Italva/RJ localizado no Noroeste Fluminense apresenta características interioranas. Segundo o IBGE (2017), Italva somava uma densidade demográfica de aproximadamente 47,86 hab/km². Conforme os dados coletados pelo Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Italva (2015), no que se refere às questões demográficas da Região Noroeste Fluminense, essa região apresenta uma densidade demográfica de 53 habitantes/Km² e uma população que corresponde a 2,3% do estado do Rio de Janeiro, obtendo concentração média de 77% nas áreas urbanas de seus municípios. Essa região apresenta também, no respectivo estado, os piores indicadores socioeconômicos, com progressivo esvaziamento econômico e alta taxa de emigração. Tendo em vista a possibilidade de uma análise espacial mais abrangente, o presente trabalho propõe uma metodologia voltada para o campo das geotecnologias a fim de embasar a análise espacial do município italvense.

Para G. Câmara *et al.* (2004), a análise espacial por meio da utilização dos mapas pode ser feita de forma simples, tendo base em uma análise visual do padrão de distribuição dos eventos neles apresentados. Partindo desse contexto, o presente trabalho procura, mediante elaboração de mapas temáticos de uso e cobertura da terra, investigar modificações espaciais em todo o território italvense, fazendo uma análise comparativa com mapas produzidos dos anos de 1997, 2007 e 2017, utilizando as técnicas de processamento digital de imagens e empregando técnicas de classificação digital por região sobre imagens dos sensores *Landsat 5* e *8*.

O Sensoriamento Remoto (SR), uma das ferramentas utilizadas no trabalho, é, segundo Di Maio *et al.* (2008), um conjunto de tarefas que possibilitam a aquisição de informações dos alvos que compõem a superfície terrestre sem que haja necessidade de contato direto com eles. Assim sendo, o SR é um campo importante para análise espacial, com satélites que podem imagear, em curtos espaços de tempo, toda a superfície terrestre de maneira sistemática (o tempo de duração da órbita do *Landsat 5* é 98,20 min. e do *Landsat 8* é 99 min.). Pode-se levantar ainda a questão de que os satélites obtêm imagens orbitais periódicas do mesmo local. Outro campo de estudo importante para esta observação é o Processamento Digital de Imagens (PDI), o qual constitui uma ferramenta para o tratamento das imagens coletadas pelo SR.

Segundo Queiroz e Gomes (2006), PDI é um conjunto de tarefas que não se desconectam formando um sistema complexo, partindo da captura de uma imagem (SR), que sofrerá um processo de digitalização e deverá ser representada de forma apropriada para o processamento computacional. Os autores afirmam ainda

que as imagens processadas podem ser representadas em formato bidimensional ou em mais dimensões de acordo com a necessidade do projeto, sendo que o primeiro passo a ser trabalhado em processamento é o pré-processamento, o qual consiste em filtragem de ruídos e correção de distorções geométricas causadas pelos sensores.

O *software* Spring, aplicado no presente trabalho, é um programa livre (gratuito) e oriundo do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e inclui funções como a segmentação por região (classificação *Bhattacharya*, que utiliza a distância de *Mahalanobis* e geração de grades triangulares com restrição que auxiliam para um melhor produto final). Santos *et al.* (2017), em seu trabalho *Análise comparativa algoritmos para classificação do uso do solo no município de Santa Margarida*, apontam para a classificação *Bhattacharya* como a mais efetiva em seu projeto em razão de apresentar uma melhor identificação das classes e um maior refinamento no que diz respeito à definição visual da cobertura do solo, apresentando um índice de desempenho Kappa de 100% em seu trabalho. O índice Kappa é:

fundamentado em critérios da análise multivariada discreta, [...] é utilizado como medida de concordância entre o mapa e a referência que se tem adotado para a estimativa da exatidão. Assim, considerando esta referência como sendo a verdade terrestre (por exemplo), o valor de k expressaria a concordância entre a interpretação ou classificação dos dados contidos nos produtos de sensoriamento remoto considerados e a realidade de campo. Para o caso desta referência ser outro mapa temático, o valor de k expressaria então o grau de concordância entre dois mapas temáticos. (PONZONI E ALMEIDA, 1996, p. 729).

Santos *et al.* (2017) fizeram um comparativo com outro classificador, o MaxVer, que obteve um índice inferior, apresentando 96,19%. Os autores destacam que, mesmo tendo apresentado inferioridade em relação ao desempenho do classificador *Bhattacharya*, o MaxVer obteve um desempenho “excelente” por serem os 96,19% obtidos uma porcentagem alta dentro do índice de desempenho Kappa. No entanto, em comparativos entre os dois métodos de classificação, ocorre uma maior preservação das configurações dos elementos da superfície com o classificador *Bhattacharya*.

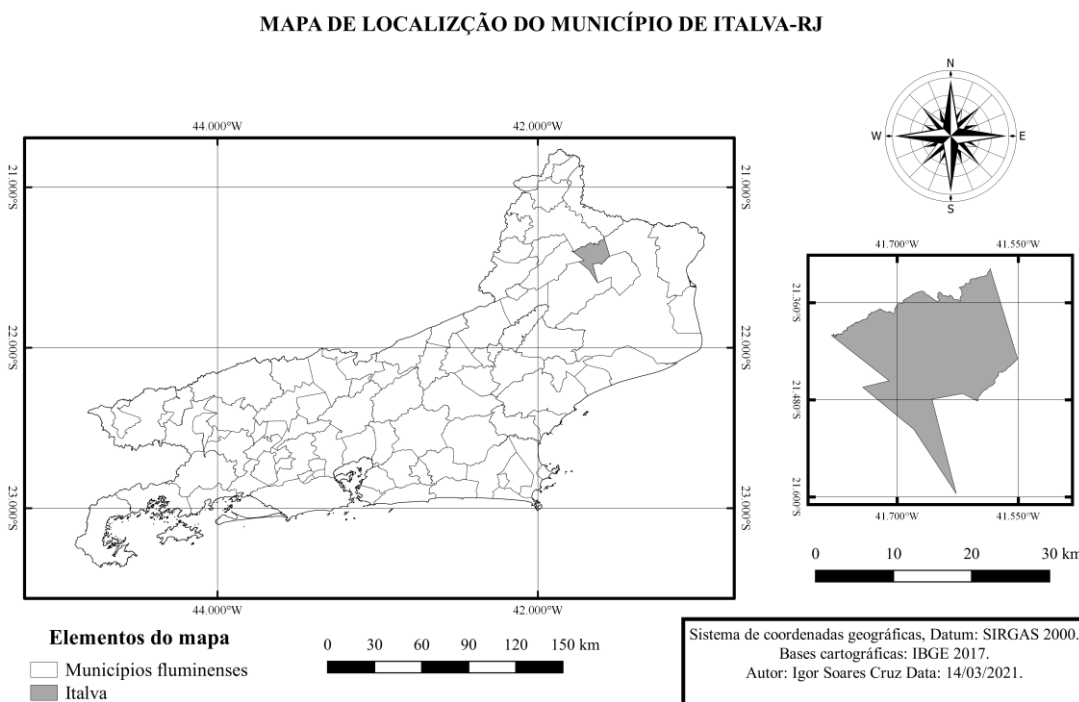
A fim de organizar o mapeamento de uso e cobertura da terra, foram utilizadas imagens capturadas pelos sensores estadunidenses *Landsat 5* e *8* provenientes do banco de dados do INPE, mais especificamente da Divisão de Processamento de Imagens (DPI). Após o processamento dos produtos cartográficos, ocorre uma análise espacial através de um comparativo das modificações no território itálico durante um período de 20 anos utilizando os produtos confeccionados (mapas temáticos), dados quantitativos (tabelas criadas a partir dos dados coletados do Spring) e dados da pesquisa bibliográfica sobre o município de Italva/RJ.

2 Breve análise da área de estudo

2.1 Localização Geográfica

O município de Italva/RJ se encontra na região Noroeste Fluminense do estado do Rio de Janeiro, possui uma área de 293,818 km² (IBGE, 2017) e está localizado nas coordenadas 21° 25' 15" latitude sul e 41° 41' 27" longitude oeste (Figura 1). Sua população no último censo em 2010 era de 14.063 habitantes com uma densidade demográfica de 47,86 hab/km² (IBGE, 2017). O município é cortado pela BR-356 fazendo fronteira ao leste com Cardoso Moreira e Campos dos Goytacazes, ao norte com Bom Jesus do Itabapoana, a oeste com Cambuci e Itaperuna e ao sul com São Fidélis. Fica a 345 km da capital Rio de Janeiro e a 100 km das fronteiras desse estado com os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Figura 1. Mapa de localização do município de Italva/RJ



Fonte: IBGE, 2020 / Autores, 2021.

Segundo Tôsto *et. al* (2003), não houve um crescimento vegetativo da população, mas sim diminuição desse crescimento nos últimos anos do início do século XXI (passou de 12.764 hab. para 12.621 hab.), inclusive com uma diminuição dos habitantes das áreas rurais daquele município. Segundo o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Italva (2015), pode-se afirmar que, na Região Noroeste Fluminense, tem ocorrido maior concentração nas áreas urbanas nos últimos anos. Segundo o IBGE (2021), no ano de 2020 Italva possuía uma população estimada de 15.229 habitantes.

2.2 Características Históricas e Econômicas

O município de Italva foi um distrito do município de Campos dos Goytacazes até o ano de 1986, quando então recebeu sua emancipação como município (IBGE, 2017). É importante ressaltar que Italva sempre ocupou uma posição de destaque no noroeste fluminense dada a exploração de suas jazidas minerais. Segundo Silvestre *et al.* (2014), a base da economia italvense era a agropecuária e a exploração mineral firmada na produção de mármore, cimento, cal e calcário. Os autores também afirmam que, no passado, antes da sua emancipação, a extração mineral foi um elemento de grande importância econômica do município, estendendo-se até os dias atuais em virtude da exploração para indústrias na fabricação de cimentos e tratamentos de rochas, como o mármore e outras, sendo essa ainda a maior fonte de arrecadação de impostos.

O produto interno bruto de Italva, segundo o IBGE (2017), encontra-se baseado em três atividades: agropecuária (com menor expressão), indústria e serviços, sendo essas duas últimas as principais para a economia do município. A indústria é baseada na extração mineral, possuindo atualmente maior expressividade com a produção leiteira. Segundo a Tôsto *et. al* (2003), houve um aumento crescente da produção de leite no município, o que contribuiu com a chegada da Indústria Láctea BELLA VITA Ltda.

4 Metodologia

O presente trabalho baseou-se em uma pesquisa bibliográfica que abarca o tema estudado, no qual foram analisados periódicos dentro da temática das geotecnologias e trabalhos desenvolvidos sobre o município de Italva/RJ. Tendo em vista a utilização das geotecnologias, a pesquisa optou por utilizar o programa Spring 5.5.5 para manipular as imagens orbitais selecionadas no DPI, em razão de o programa ser de fácil manuseio, além de abarcar todas as ferramentas necessárias para que, ao longo da pesquisa, haja mapas fidedignos à realidade do município. Por meio dos resultados extraídos do Spring através de planilhas e mapas, será possível compreender o funcionamento da organização espacial do município. A metodologia apresenta, por isso, detalhes dos procedimentos ocorridos na pesquisa durante o tratamento das imagens mediante as ferramentas utilizadas do PDI.

A metodologia proposta busca elucidar e facilitar a compreensão do público sobre as organizações espaciais das atividades econômicas, sociedade e natureza do território italvense.

4.1 Imagens orbitais utilizadas

Segundo Silva *et al.* (2016), os estudos com imagens orbitais de alta e média resolução espacial vêm crescendo devido ao aumento da disponibilização dessas imagens, sendo cada vez mais comum sua utilização relacionada a problemas ambientais em diversas escalas, constituindo um importante instrumento nas pesquisas de alterações de uso e cobertura das terras. Vaeza *et al.* (2010) também afirmam que as imagens orbitais de alta resolução são pertinentes para os estudos espaciais na obtenção de classes de uso e ocupação

do solo, assim obtendo resultados mais precisos na identificação dos alvos entre os diversos elementos da composição urbana e hidrográfica, sendo de fundamental importância para um estudo mais detalhado.

Essa etapa é a parte do processo de seleção e aquisição das imagens orbitais em formato digital, e será utilizada para o processamento digital de imagens do presente trabalho. A seguir apresenta-se a Tabela 1 com o material utilizado para a produção cartográfica:

Tabela 1. Imagem Orbitais Utilizadas

Formato	Sensor/Satélite	Bandas	Órbita/Ponto	Passagem
Digital	LANDSAT 5	3, 4 e 5	216/75	jun/97
Digital	LANDSAT 5	3, 4 e 5	216/75	jul/07
Digital	LANDSAT 8	4, 5 e 6	216/75	jun/17

Fonte: INPE, 2019

Organização: Igor Soares Cruz, 2019

O presente trabalho utilizou as imagens coletadas no catálogo do DPI que não apresentavam barreiras visuais (como nuvens) e qualidade baixa. Assim, após a escolha, ocorreu o processamento das imagens.

4.2 Processamento Digital de Imagens

Queiroz e Gomes (2006) afirmam que o PDI é um conjunto de ferramentas conectadas para formar um complexo sistema, sendo este capaz de manipular as imagens de acordo com o intuito do pesquisador. Assim, o Spring, programa utilizado nesta pesquisa, torna-se a ferramenta de manipulação das imagens selecionadas no DPI para servir como objeto de análise no presente estudo. O PDI, portanto, abarca a parte técnica da produção cartográfica gerada aqui para análise.

Câmara *et al.* (2001) informam que o PDI é um conjunto de operações que permitem manipulações numéricas sobre imagens digitais, assim permitindo a identificação dos fenômenos através de dados fornecidos por diversos (diferentes) sensores remotos que estejam atuando em uma mesma área. Entre as funções exercidas no processamento estão a de retificação, contraste, filtragem, realce e classificação, que foram alguns dos processos utilizados nas imagens das produções cartográficas aqui presentes, gerando um efetivo melhoramento da qualidade das imagens orbitais para melhor visualização dos alvos durante a manipulação.

4.2.1 SRING 5.5.5

Segundo Câmara *et al.* (1996), o Spring é um *software* de geoprocessamento livre (gratuito) desenvolvido pelo INPE, que apresenta configurações avançadas para as produções cartográficas. O *software* apresenta sucesso de desempenho para estudos cadastrais e ambientais dada a utilização da classificação

“orientada a objetos”, além de um ponto muito importante dentro do campo do geoprocessamento dada sua capacidade de facilitar a segmentação e classificação. Segundo Meneses e Almeida (2012), esses processos utilizam algoritmos para fins como a indexação espacial, segmentação de imagens, classificação por regiões e geração de grades triangulares com restrições garantindo um desempenho adequado para variadas aplicações. Isso facilita o manuseio do programa para que se obtenha um produto final com mais precisão e qualidade. O programa roda em PCs com sistemas operacionais como Microsoft ou Linux 32 e 64 bits, o que facilita a utilização do *software* pelo público.

No presente trabalho foi utilizado um notebook com sistema operacional Microsoft *Windows* 7 de 32 bits. A seguir veremos as aplicações utilizadas nesse *software* durante o processamento digital das imagens orbitais coletadas.

4.2.2 Aumento de Contraste

O satélite *Landsat* 8 utiliza uma resolução radiométrica de 16 bits, mas, para este estudo, foi reamostrado para 8 bits a fim de não diferenciar com as outras imagens coletadas, como as do *Landsat* 5, que apresentavam uma resolução de 8 bits. Vale ressaltar que as imagens que possuem uma resolução radiométrica de 8 bits apresentam a média de 256 níveis de cinza. Segundo Reis (2007), os dados contidos em uma imagem de um sensor dificilmente apresentaram um espalhamento por todo intervalo de níveis de cinza, sendo mais corriqueiro apresentar-se em pequenas faixas. O autor alerta para alguns problemas que podem surgir durante a captura da imagem, que são a presença da bruma atmosférica, má iluminação solar da cena, desempenho deficitário do sensor e nas próprias características da cena, os quais são capazes de limitar a qualidade da imagem, interferindo no desempenho de um trabalho de manipulação de imagens dentro do seu processamento.

Queiroz e Gomes (2006) afirmam que o processo de aumento de contraste, aplicado na fase de pré-processamento de padrões, visa à melhoria das imagens sob o ponto subjetivo do olho humano. Os autores ainda apontam para a função desse aumento, que consiste em um remapeamento radiométrico dos pixels das imagens capturadas, ocorrendo, após tal processo, uma intensificação do nível de discriminação visual entre eles.

O processo aplicado no presente trabalho é o de aumento linear de contraste, realizado individualmente em cada banda durante o processo de realce das imagens. Queiroz e Gomes (2006) afirmam que as ocorrências em que faixas de tons de cinza já estão totalmente utilizadas, a emprego de contrastes por partes, sejam lineares ou não, possibilitam uma maior acurácia na discriminação da porção realçada da imagem, tornando, assim, esse tipo de processo o mais indicado.

O histograma é a ferramenta dentro do *software* que irá conduzir o processo de aumento de contraste. Segundo Queiroz e Gomes (2006), o histograma de uma imagem tem a capacidade de exprimir a distribuição

estatística dos níveis de cinza, tratando-se de uma representação gráfica do número de pixels associado a cada nível de cinza presente.

Segundo Inocêncio *et al.* (2020), a equalização de histograma é a aplicação que proporciona a uniformidade das distribuições dos níveis de cinza de uma imagem. Tal equalização é empregada na perspectiva de realce de imagem, no qual destaca as diferenças entre as tonalidades, resultando, assim, em uma maior percepção dos níveis de detalhamento dessa imagem, para que aquele que a manipula tenha melhor desempenho na discriminação dos alvos, a fim de obter um produto final mais detalhado e fidedigno. Através da ferramenta de histograma de imagem, presente no Spring 5.5.5, foi feita a correção das imagens orbitais da presente pesquisa, o que conseqüentemente melhorou a distribuição dos níveis de cinza visando corrigir sua iluminação e aprimorando, assim, a visualização de certos detalhes mediante a diferenciação desses níveis presentes na imagem.

4.2.3 Processo de Segmentação

O processo de segmentação ditará o desempenho da classificação da imagem, o que ocorre em razão de ser ele um procedimento que particiona a imagem em agrupamentos de pixels que apresentam certa uniformidade. Segundo Medeiros *et al.* (2002), a segmentação é o processo de extração de feições, sendo esta uma etapa fundamental, já que o projeto dependerá de seu eventual sucesso, o qual necessitará de procedimentos eficazes durante a extração das feições. A segmentação depende dos níveis de cinza apresentados pela imagem, que, ao apresentar uma descontinuidade e similaridade nos padrões dos níveis de cinza, acaba subdividindo esses pixels formando agrupamentos distintos. Segundo Reis (2007), as características apresentadas pela segmentação por região formam um conjunto de pixels que demonstram uniformidade a um dado atributo posto por um usuário. Como resultado, o autor expõe algumas propriedades apresentadas por esses atributos, como área, parâmetros estatísticos, forma e textura, e também afirma que o particionamento da segmentação pode se apresentar basicamente em três formas: por acréscimo de crescimento de regiões, por detecção de bordas e detecção de bacia.

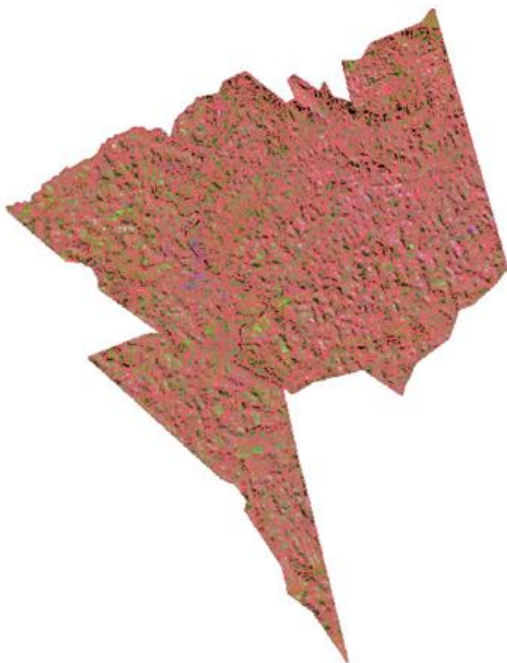
Tagliani e Vicens (2003), em seu trabalho, também utilizaram o *software* Spring, havendo o processo de segmentação sobre uma imagem do satélite *Landsat* sido o mesmo aqui abordado (segmentação crescimento de região). Os autores afirmam que é um processo iniciado com a separação das propriedades espaciais e espectrais em regiões que irão formar juntas uma área com mesma textura para serem utilizadas como área de treinamento durante o processo. Reis (2007) explica que o método aplicado pela segmentação crescimento de região é um procedimento interativo no qual o usuário tem a possibilidade de segmentar de acordo com o intuito da pesquisa e de prevenir a ocorrência de erros durante a segmentação. O autor afirma ainda que, nesse processo, as regiões adjacentes são incorporadas através de um critério de similaridade apresentada na uniformidade estabelecida pelos níveis de cinza apresentados na imagem. A associação por

região utiliza critérios como o de similaridade e um limiar, que pode ser definido por quem manuseia o *software*. A região pode ser de um pixel ou mais formando um conjunto de pixels, no qual os atributos espectrais são calculados seguindo alguns parâmetros como o autor coloca, sendo esses: média, variância e textura.

Tagliani e Vicens (2003) asseguram que esse processo de segmentação calcula um critério de similaridade para cada par de regiões adjacentes, baseando-se, portanto, em uma medição de hipótese estatística testando a média entre as regiões. Por conseguinte, divide-se a imagem em um conjunto de subimagens para em seguida realizar a união entre elas com base em um limiar de agregação previamente definido. O presente trabalho utilizou a segmentação de crescimento de região, que, segundo Reis (2007), apresenta um nível de interação maior no que se refere às relações homem-máquina.

As imagens orbitais do *Landsat 5* e *8* utilizadas na pesquisa, após serem tratadas, foram, durante a segmentação, submetidas a um processo de subdivisão em regiões que apresentavam uma similaridade no que diz respeito a suas propriedades espaciais e espectrais. Juntas formaram uma área com uma mesma textura para serem utilizadas como áreas de treinamento durante a classificação supervisionada. A seguir encontra-se uma imagem segmentada de um dos anos (2017) propostos para a análise, na qual pode-se ver o território de Italva completamente particionado em pequenas regiões que apresentam similaridade entre os alvos para servirem de área de treinamento durante a classificação.

Figura.2 Segmentação para o município de Italva para o ano de 2017



Fonte: Autores, 2021.

4.2.4 Classificação *Bhattacharya*

A classificação *Bhattacharya*, segundo Oliveira e Mataveli (2013), é um classificador supervisionado por regiões que utiliza a distância *Bhattacharya* para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. Esse classificador mede, portanto, a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Os autores apontam ainda que esse classificador necessita da seleção de áreas de treinamento (característica da classificação supervisionada), assim utilizando as regiões obtidas através da segmentação ou por polígonos representativos das regiões a serem classificadas.

Segundo Reis (2007), o algoritmo não conjectura qualquer conhecimento prévio da distribuição de densidade de probabilidade dos temas, como no algoritmo de máxima verossimilhança. Podemos dizer que a classificação *Bhattacharya* é uma técnica que procura agrupar regiões buscando uma medida de similaridade entre elas. Essa medida de similaridade entre a classe e as regiões concorrentes de pertinência à classe usufrui da distância de *Mahalanobis* (Reis,2007). Para Linden (2009), é uma medida que difere da distância Euclidiana, porque leva em consideração a correlação entre os conjuntos de dados. Oliveira e Mataveli (2013) nomeiam essa medida como distância *Bhattacharya*.

Fornazieiro e Pancher (2017), ao analisar as dinâmicas do uso e cobertura das terras na bacia hidrográfica do Rio Itaqueri-SP, utilizaram o método de classificação Maxver – ICM (Máxima Verossimilhança) e o *Bhattacharya* no Spring. O primeiro algoritmo aplica o método de pixel a pixel, o qual analisa as informações espectrais dos pixels de maneira isolada e com relação à classe a que foram atribuídos seus pixels adjacentes. O segundo (*Bhattacharya*) necessita de uma etapa preparatória denominada segmentação, que agrupa os pixels de regiões espectrais semelhantes, assim necessitando de um usuário mais presente, durante todo o processo de segmentação (supervisionada), para atribuir aos sistemas amostras de polígonos a fim de que o programa possa identificá-los e classificá-los em classes cujos níveis de cinza sejam similares. Ao analisarem os resultados obtidos nos dois métodos, os autores apresentaram a classificação por regiões (*Bhattacharya*) mais adequada para seu mapeamento temático (uso e cobertura das terras). A segmentação supervisionada permitiu-lhes estabelecer zonas mais homogêneas durante o processo, as quais apresentaram respostas espectrais similares em que se leva em conta o valor médio dos níveis de cinza apresentados em cada região e matriz de covariância. Durante a análise os autores afirmaram, além disso, que a classificação *Bhattacharya* proporcionou uma menor confusão média (0,65%) entre as amostras coletadas para as classes de uso e cobertura das terras preestabelecidas obtendo também um melhor desempenho (99,35%). O algoritmo Maxver – ICM, de outro modo, acabou apresentando uma confusão média maior (11,46%) e um valor inferior em seu desempenho (88,54%). Fornazieiro e Pancher (2017) apontam para um alto índice de confusão entre classes como área urbanizada e solo exposto, que apresentam similaridades nas respostas espectrais. Também indicam confusão entre as classes de vegetação de várzea e classes como campo sujo e pastagem. Já a classificação *Bhattacharya* apresentou maior nível de precisão na delimitação dessas classes.




Amaral e Magalhães (2019) aplicaram em seu estudo *Desempenho de classificadores de SIG aplicados no uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro*, três tipos diferentes de classificadores existentes no Spring 5.5.1, que são: os classificadores Maxver, *Bhattacharya* e Isoseg. Para mensurar a qualidade dos classificadores, utilizaram o cálculo do Desempenho Geral (DG) e o Índice Kappa (K), havendo todos os classificadores apresentado valores entre 0,81 e 1,00 (o índice Kappa apresenta um valor mínimo 0,00 até o valor máximo de 1,0) para os coeficientes de concordância total que os enquadra no limiar de excelente. Os valores foram (da DG e K) de 91,46% e 89,52% para o Maxver; 98,99% e 98,69% para o *Bhattacharya* e 94,80% e 91,27% para o Isoseg. Os autores apontam que os valores retirados de seu estudo apresentaram a classificação *Bhattacharya* como o melhor classificador para estudos de uso e ocupação do solo, tendo esta apresentado os maiores índices de acurácia.

A partir dessa etapa da revisão bibliográfica, a utilização da segmentação supervisionada por região (*Bhattacharya*) se destacou nos estudos analisados, apresentando maior eficácia nos estudos de análise do “uso e cobertura das terras” e “uso e ocupação do solo” como apresentado nos trabalhos de Fornazieiro e Pancher (2017) e Amaral e Magalhães (2019), respectivamente. Como o presente trabalho visa à análise de uso e ocupação das terras, o classificador utilizado foi o *Bhattacharya*. Assim, as produções cartográficas de Italva/RJ (nos anos de 1997, 2007, 2017) foram classificadas em temas, a partir do interesse do pesquisador, nos quais cada região segmentada e classificada apresenta-se adequada às classes como hidrografia, vegetação, área urbana etc. (Tabela 2).

4.3 Elaboração dos Mapas Temáticos

A seção presente foi caracterizada em virtude das respostas digitais obtidas após o tratamento das imagens do *Landsat 5* e *8*. Assim os mapeamentos temáticos do presente trabalho seguiram os processos de classificação digital das imagens tendo como base o Manual de Uso da Terra desenvolvido pelo IBGE (2013), uma metodologia de classificação predefinida com suas características específicas. O quadro de classificação do território de Italva/RJ está organizado da seguinte forma:

Tabela 2. Sistemas de Classificação

Nível II	Descrição de Classe	Cores
Corpo d'Água Continental	Corpos hídricos	
Mata Ciliar	Área de vegetação preservada destinada no entorno de corpos hídricos.	
Áreas Urbanizadas	Áreas ocupadas com grande densidade de habitações, fábricas e etc.	

Área de Mineração	Parcelas de terras reservadas para a extração de mineral não metálico.	
Pastagem	Áreas de transição, ocupadas anteriormente pela cultura temporária, seções de pastagens e solo exposto.	
Área de Vegetação florestal e campestre	Áreas com vegetações florestais ou campestres diversificadas.	
Cultura	Culturas temporárias.	

Fonte: IBGE, 2013 / Autores, 2019.

Com base nesse quadro, serão analisadas e diferenciadas as áreas do município de Italva.

4.4 Avaliação do Processamento Digital

Com o fim de calcular o nível de acurácia das produções cartográficas, a presente pesquisa empregou o índice Kappa utilizando a matriz de erros retiradas das produções cartográficas. Segundo Congalton e Green (1999), a utilização do coeficiente Kappa leva em consideração toda a matriz de erros no seu cálculo, no qual se incluem os dados da diagonal e os elementos de fora dessa diagonal principal, o que acaba por representar as discordâncias na classificação, sendo, portanto, eficiente na avaliação. Tendo em vista a possibilidade de apresentar os dados de forma mais clara e exata, este trabalho utilizou o índice Kappa, conforme o qual e segundo Landis e Koch (1977) organizou-se a Tabela 3. Os autores classificam cada valor apresentado pelo índice, atribuindo a respectiva qualidade para cada nível.

Tabela 3. A qualidade dos valores do índice Kappa

Índice Kappa	Qualidade/Concordância
0.00	Péssima
0.01 a 0.20	Ruim
0.21 a 0.40	Razoável
0.41 a 0.60	Boa
0.61 a 0.80	Muito boa
0.81 a 1.00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977) / Autores, 2019

Segundo Amaral e Magalhães (2019), o cálculo desse índice deve ser feito utilizando a coluna vertical e o número de amostras da matriz de erros. Assim, foi utilizada a equação abaixo:

$$k = \frac{k_1 - k_2}{1 - k_2}$$

K= Matriz de erros

K1= Coluna vertical

K2= Número total de amostra

Após os mapeamentos, o Spring gera uma planilha com os valores da classificação que apresenta dados como o nível de efetividade das produções cartográficas apontando o desempenho geral, confusão média (CM) e também a matriz de erros, a qual serviu como base para a confecção da Tabela 4. Através da matriz foi calculado o índice Kappa, que toma como base os dados apresentados na coluna vertical e seu número total de amostras.

Tabela 4. Matriz de erros

Anos mapeados	1997	2007	2017
Desempenho geral	98,10%	99,85%	98,20%
Confusão média	1,90%	0,15%	1,80%
Índice Kappa	96,66%	99,63%	97,61%








Fonte: Autores, 2019

Reis (2007) diz que quanto mais perto de 100% do desempenho geral, maior será o número de acerto durante a classificação, porque isso diminui o risco de confusão das classes durante o processo de classificação. Segundo Amaral e Magalhães (2019), quanto menor for a média de confusão, melhor será o desempenho da classificação feita. O presente mapeamento obteve no ano de 1997 um DG de 98,10% e CM de 1,90%; no ano de 2007, um DG 99,85% e CM de 0,15%; e, no ano de 2017, um DG de 98,20% e 1,80%. Com esses resultados, pode-se afirmar que os mapeamentos obtiveram um nível alto de acurácia, visto que apresentaram um baixo nível de confusão média e um alto nível de desempenho geral. Segundo o Índice Kappa, também se pode afirmar a qualidade do mapeamento aqui presente, segundo o qual, o ano de 1997 apresentou índice de 96,66% (0,96); 2007 de 99,63% (0,99) e 2017 de 97,61% (0,97), em seus respectivos mapeamentos. Segundo Landis e Koch (1977), é possível dizer que $K > 0.81$ é um produto com o resultado excelente, o que torna as produções cartográficas aqui presentes relevantes para a análise espacial.

5 Resultados e Discussões

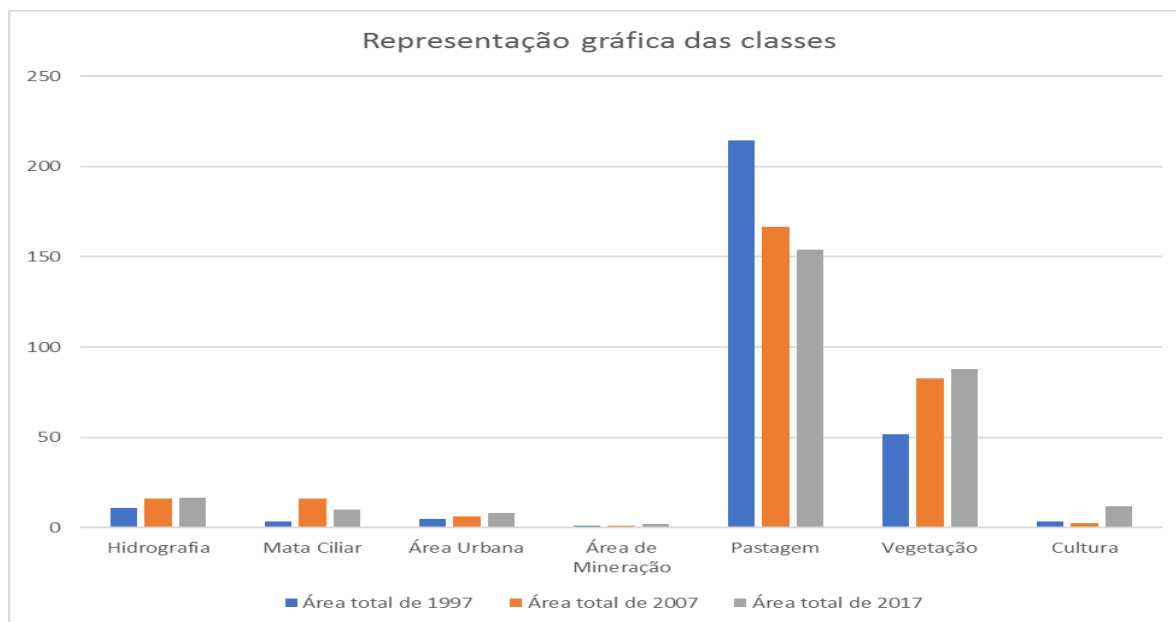
O município de Italva/RJ, segundo o IBGE (2021), abrange uma área de 291,7 km². Assim, com o auxílio dos dados retirados das planilhas do Spring referentes às classes trabalhadas no presente trabalho, em área total em km², os produtos cartográficos (Mapas de Italva-RJ 1997, 2007 e 2017) permitem uma visualização mais ampla do uso e cobertura das terras. Abaixo encontram-se os mapas, tabela, gráfico e análise referente ao uso e à ocupação das terras do município italvense:

Tabela 4. Abrangência espacial de cada classe

Classes	Cores	Área total (%) de 1997	Área total (%) de 2007	Área total (%) de 2017
Hidrografia		10,64705 (3,65%)	16,10184 (5,52%)	16,3352 (5,6%)
Mata Ciliar		3,44206 (1,61%)	15,98516 (5,48%)	9,71361 (3,33%)
Área Urbana		4,98807 (1,71%)	6,24238 (2,14%)	8,19677 (2,81%)
Área de Mineração		1,10846 (0,38%)	1,22514 (0,42%)	1,89605 (1%)
Pastagem		214,57452 (73,56%)	166,82323 (57,19%)	154,13428 (53%)
Vegetação		51,77675 (17,75%)	82,87197 (28,41%)	87,62668 (30,04%)
Cultura		3,44206 (1,18%)	2,47945 (0,85%)	12,01804 (4,12%)

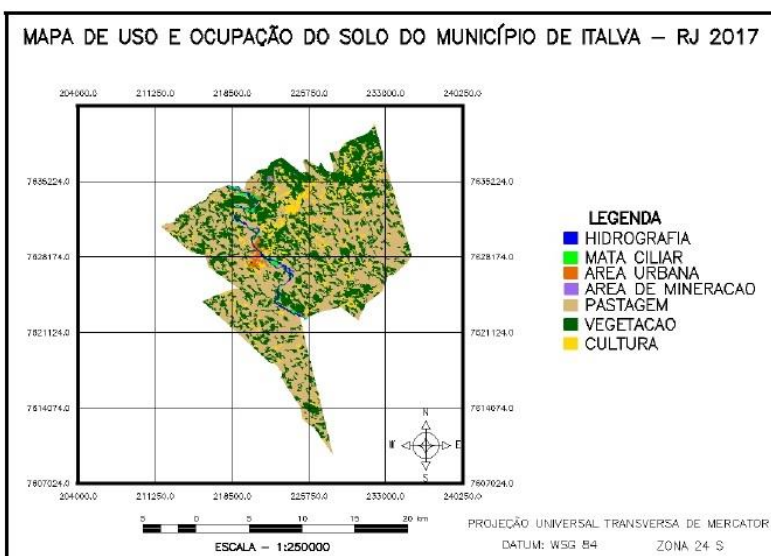
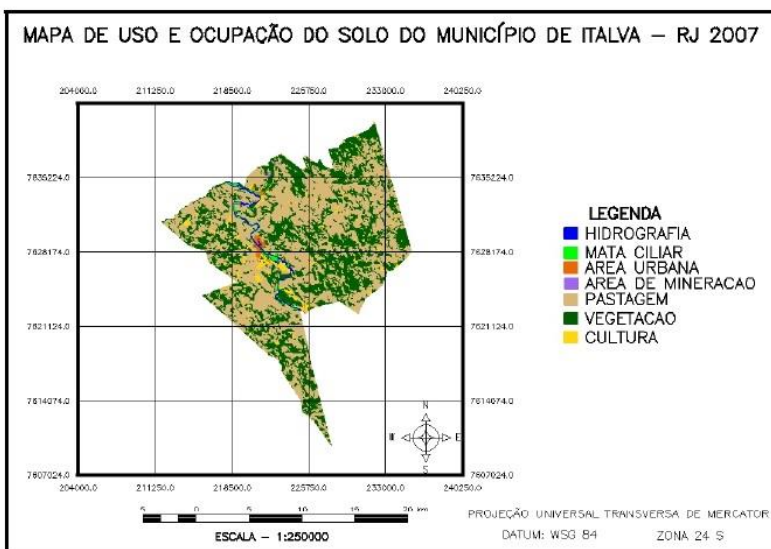
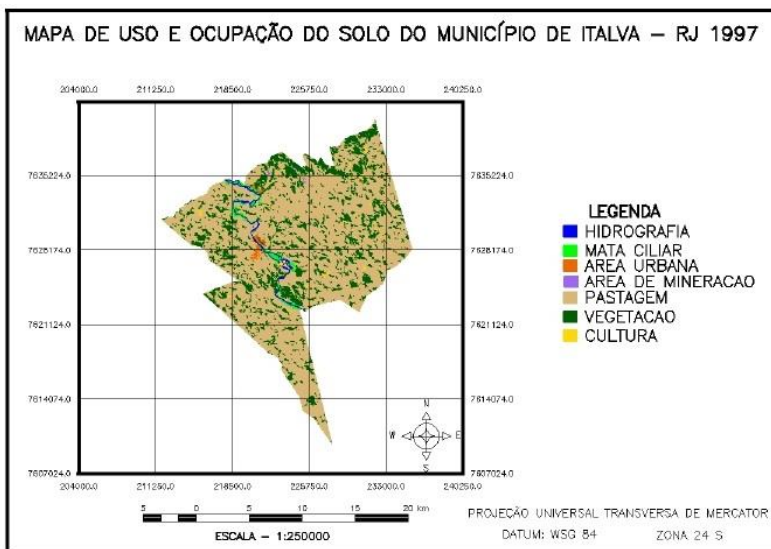
Fonte: Autores, 2019.

Gráfico 1. Representação gráfica das classes



Fonte: Autores, 2019.

Figura 3. Mapas de uso e cobertura das terras de Italva/RJ respectivamente nos anos de 1997, 2007 e 2017



Fonte: INPE, 2019 / Autores, 2021.

No mapa do ano de 1997, percebe-se que a área de pastagem predomina em quase todo o território estudado, que ocupa, segundo os dados observados na Tabela 4, uma porção de terra de cerca de 73,56% de toda a área do município. Ao observar o mapa, pode-se verificar a predominância demasiada dessa classe em

relação à deficiência de vegetação nativa (17,75%) no município no ano pesquisado. Observando os dados apresentados no Gráfico 1 e na Tabela 4 dos anos seguintes, vê-se que a área de pastagem vem tendo uma diminuição e a área de vegetação uma regeneração, apresentando um salto de 17,75% (1997), 28,41% (2007) e 30,04 (2017) em contraposição à pastagem, que apresenta uma diminuição de 73,56% (1997) para 57,19% (2007) e 53% (2017).

Por ser uma das atividades que apresenta a menor área (0,38% em 1997, 0,42% em 2007 e 1% em 2017), havendo obtido um crescimento pouco expressivo espacialmente, em comparação com o mapa, a área de mineração fica mais clara na Tabela 4. Em relação à economia do município, porém, apresenta importante relevância como afirmam os dados de Tôsto *et al.* (2003), segundo o qual essa atividade é uma das mais rentáveis dentro da economia de Itaboraí. Ao observar o Gráfico 1, pode-se perceber que a cultura vem tendo certo crescimento. Com base na Tabela 4, no entanto, verifica-se que esse aumento se dá de uma forma ainda lenta, tendo essa classe apresentado relevância baixa espacialmente em comparação à pastagem, por exemplo. A classe da cultura apresentou 1,18% em 1997; 0,85 em 2007 e 4,12% em 2017.

As classes ficam mais fáceis de serem localizadas espacialmente no mapa, onde se pode observar que a maior porção da área urbana se concentra no entorno do Rio Muriaé, o que se pode comparar com os dados apresentados no início deste trabalho, que apresentam a expansão que ocorre nas áreas urbanas dos municípios pertencentes à Região Noroeste Fluminense. Apesar de essas áreas também apresentarem um crescimento pouco expressivo, tal expansão deve ser analisada com cuidado, pois é possível que problemas socioespaciais nocivos para a vida humana e do ecossistema em que a área se desenvolve sejam causados. A classe em questão apresentou, nos anos de 1997, 2007 e 2017, uma porcentagem no espaço de 1,71%; 2,14% e 2,81%, respectivamente. Há também outras classes que apresentam baixa abrangência espacial, como por exemplo, a área de mata ciliar, que apresenta certa oscilação, sendo essa representada pelos seguintes dados: 1,61%; 5,48% e 3,33% nos anos de 1997, 2007 e 2017 respectivamente. Por último, mas não menos importante, está a hidrografia, a qual apresenta um crescimento pouco expressivo: 3,65%; 5,52% e 5,6% nos anos de 1997, 2007 e 2017 respectivamente. Esse aumento, no caso, pode ter relação com os níveis de quantidade de água no rio, os quais sofrem influência de diversos fatores, como as chuvas.

6 Considerações finais

Mediante a utilização de tabela, gráfico e mapas, a produção cartográfica neste trabalho possibilitou uma análise, segundo a qual apenas uma das atividades economicamente mais expressivas do município se apresenta com grande abrangência espacial e clareza visual. Pode-se relatar, além disso, que algumas classes obtiveram pequeno crescimento, o que não significa serem menos pertinentes ao estudo. Foi possível observar no mapa que a área urbana vem se desenvolvendo próxima às áreas de várzea do Rio Muriaé, local onde também se encontra sua mata ciliar. Pode-se ainda ressaltar que, mesmo em menor expressão e pequena

especialmente, a área de mineração apresenta algum crescimento e importância econômica para o município, como apontado na tabela.

A presente análise utilizou ferramentas do SR e PDI, que auxiliaram na elucidação espacial obtida pelos dados quantitativos precisos (mapas, tabela e gráfico). Por intermédio de uma metodologia bem utilizada no campo das geotecnologias, os produtos deste artigo apresentaram parâmetros de fidedignidade alta segundo índices já preestabelecidos, como o Índice Kappa, que avalia a precisão do produto cartográfico. Ressalta-se também o método de classificação Bhattacharya, procedimento interativo que apresenta uma segmentação de crescimento de região e no qual o utilizador opera o *software* selecionando as regiões que apresentam as classes por ele determinadas, podendo, assim, obter mais sucesso em suas produções cartográficas.

Referências

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (ed.). **INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DA GEOINFORMAÇÃO**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação, SBC, 1996. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2018.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; DAVIS, Clodoveu (ed.). **Geoinformática: teoria e aplicações**. Brasília: Embrapa, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 03 mar. 2021.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. 1999. *Assessing the Accuracy of Remote Sensed Data: Principle and Practices*. Lewis Publishers.

INOCÊNCIO, M. V.; ARTERO, A. O.; ELER, D. M.; SILVA, F. A. d.; PEREIRA, D. R. **EQUALIZAÇÃO E SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS USANDO INFORMAÇÕES DE CORES**. *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 20-38, 2020. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/3501>. Acesso em: 31 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Cidades**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/economia.php?lang=&codmun=330205&search=rio-de-janeiro|italva|infogr%ficos:-despesas-e-receitas-or%ament%rias-e-pib>. Acesso em: 17 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Cidades**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/italva/panorama>. Acesso em: 15 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Downloads**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 14 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.

Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (Brasil). **Catálogo de Imagens**. 2019. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 05 jan. 2019.

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

LINDEN, Ricardo. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, n. 4, p. 18-36, 2009.

LOPES, Renata de Souza; ABRAHÃO, Janete; MELO, Gustavo (org.). **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Itálva**. Rio de Janeiro: SEA, 2015. 112 p. Disponível em: <http://aemerj.org.br/images/pdf/PMMA/Municipio%20de%20Italva.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

DI MAIO, A.; RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PEREIRA, G.; MOREIRA, M. A.; SAUSEN, T. M.; FLORENZANO, T. G. **Sensoriamento Remoto**. Brasília: AEB, 2008. Disponível em: http://200.144.244.96/cda/oba/aeb/sensoriamento_remoto_alta_resolucao_2008.pdf. Acesso em: 15 mar. 2018.

MEDEIROS, N. DAS G.; DA SILVA, E. A.; NOGUEIRA, J. R. SEGMENTAÇÃO MORFOLÓGICA DE IMAGENS UTILIZANDO O GRADIENTE MORFOLÓGICO MULTI-ESCALA. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 54, n. 1, 11.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (org.). **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Brasília: Unb/Cnpq, 2012. 226 p. Disponível em: <http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em: 04 dez. 2017.

OLIVEIRA, B. S.; MATAVELI, G. A. V. Avaliação do desempenho dos classificadores Iseog e Bhattacharya para o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 89-96. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). IBI: <3ERPFQRTRW34M/3E7GGEM>. Disponível em: <http://urlib.net/rep/3ERPFQRTRW34M/3E7GGEM>.

QUEIROZ, José Eustáquio Rangel de; GOMES, Herman Martins. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **RITA**, v. 13, n. 2, p. 114-42, 2006.

REIS, Cláudio Henrique. **CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO USO DA TERRA EM ÁREAS DE MANGUEZAIS UTILIZANDO DIFERENTES SISTEMAS ORBITAIS - UM CASO APLICADO AOS MANGUEZAIS DA APA-GUAPIMIRIM - RJ**. 2007. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/16/teses/696294.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2018.

SANTOS, G.; NUNES DE MOURA, W.; BIASOLI TRENTIN, A. ANÁLISE COMPARATIVA ALGORITMOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SANTA MARGARIDA. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020.

SILVA, Janilci Serra; SILVA, Richarde Marques da; SILVA, Alexandro Medeiros. Mudanças do Uso e Ocupação do Solo e Degradação Eco-Ambiental Usando Imagens Orbitais: o estudo de caso da Bacia do Rio Bacanga, São Luís (MA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 265, 26 jan. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233518>. Acesso em: 03 mar. 2021.

SILVESTRE, Carolina Pereira; BERTOLINO, Luiz Carlos; MELO, Viviane Pires. A produção de rochas ornamentais no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro: Santo Antônio de Pádua e Italva. **Revista Tamoios**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 114-127, 22 jul. 2014. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/view/7858>. Acesso em: 04 mar. 2019.

TAGLIANI, C. R. A.; VICENS, R. S. Mapeamento da vegetação e uso do solo nos entornos da Laguna dos Patos, RS, utilizando técnicas de processamento digital de imagem do SIG Spring. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1461-1468. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.06.16.55/doc/12_042.pdf.

TÔSTO, Sergio Gomes; BRANDÃO, Elizabeth Santos; ANJOS, Guilherme Tinoco dos; SAID, Uéber Pereira. **Diagnóstico socioeconômico dos municípios da região noroeste do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2003. 103 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/853618/diagnostico-socioeconomico-dos-municipios-da-regiao-noroeste-do-estado-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 05 jun. 2019.

VAEZA, Rafael Franco; OLIVEIRA, Paulo Costa de; MAIA, Adelena Gonçalves; DISPERATI, Attilio Antonio. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 23-29, jan. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.003>. Acesso em: 05 mar. 2021.