

## ANÁLISE MULTITEMPORAL DOS PADRÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA A PARTIR DE DADOS DA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE PARA A ILHA DE ITAPARICA, BAHIA, BRASIL

### MULTITEMPORAL ANALYSIS OF LAND USE AND COVERAGE PATTERNS USING DATA FROM THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM FOR ILHA DE ITAPARICA, BAHIA, BRAZIL

Luciel Passos de Oliveira<sup>1</sup>; Saulo Medrado dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Doutorado em Geografia, Universidade Federal da Bahia - UFBA;

<sup>1</sup> [lucielpassos@gmail.com](mailto:lucielpassos@gmail.com) ; <sup>2</sup> [saulomedrado1@gmail.com](mailto:saulomedrado1@gmail.com)

#### RESUMO

As mudanças ambientais são cada vez mais constantes; estas decorrem de agentes naturais e antrópicos. Porém ao longo das últimas décadas, novas tecnologias vêm surgindo e sendo aperfeiçoadas constantemente para o trato das questões ambientais no Planeta. Diante desta tendência, o objetivo deste artigo é mapear e analisar as mudanças do Uso e Cobertura da Terra (UCT) em uma escala multitemporal para a Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil, empregando dados e recursos computacionais da plataforma Google Earth Engine (GEE). Para a realização deste estudo, foram empregados os dados e informações disponíveis na plataforma GEE, com imagens da série de satélites Landsat. O período investigado correspondeu às imagens relacionadas aos anos 2000-2002 e 2012-2014. O processamento dos dados ocorreu no ambiente virtual do GEE, empregando o algoritmo classificador Random Forests, o qual apresentou taxas de acertos mínimo de 94,66% e máximo de 99,13%. Foram adotadas as seguintes legendas para o UCT: “área construída”, “manguezais”, “florestas”, “agropecuária”, “solo exposto”, “vegetação arbustiva” e “água”. Os resultados, apontaram para uma redução das classes naturais, principalmente, as áreas cobertas por florestas, assim como apresentou um aumento para as áreas de uso antrópico, a qual destaca-se a classe “agropecuária” e “áreas construídas”. É importante chamar atenção para a necessidade de monitorar a área estudada, uma vez que há presença de ecossistemas sensíveis às ações antrópicas, assim como avançar em futuros trabalhos empregando as ferramentas de classificação contidas no GEE.

**Palavras-chave:** Análise ambiental; Paisagem; Sensoriamento remoto.

## ABSTRACT

Environmental changes are increasingly constant, these stem from natural and anthropic agents. However, over the last few decades, new technologies have been emerging and being constantly improved to deal with environmental issues on the Planet. In view of this trend, the objective of this article is to map and analyze changes in Land Use and Coverage (UCT) on a multitemporal scale for the Island of Itaparica, Bahia, Brazil, using data and computational resources from the Google Earth Engine (GEE) platform). To carry out this study, data, and information available on the GHG platform were used, with images from the Landsat satellite series. The investigated period corresponded to the images related to the years 2000-2002 and 2012-2014. Data processing took place in the virtual environment of the GHG, using the Random Forests classifier algorithm, which had a minimum hit rate of 94.66% and a maximum of 99.13%. The following captions for the UCT were adopted: "built area", "mangroves", "forests", "agriculture", "exposed soil", "shrub vegetation" and "water". The results pointed to a reduction of the natural classes, mainly, the areas covered by forests, as well as an increase for the areas of anthropic use, which stands out the class "agriculture" and "built areas". It is important to draw attention to the need to monitor the studied area, since there is a presence of ecosystems sensitive to anthropic actions, as well as to advance in future works using the classification tools contained in the GEE.

**Keywords:** Environmental Analysis; Landscape; Remote Sensing.

---

## 1. INTRODUÇÃO

O planeta Terra passa por contínuas mudanças em respostas às atividades antrópicas, principalmente quando observamos as últimas décadas (AJARA, 1993). O homem vem buscando recursos materiais e metodológicos cada vez mais eficientes para identificação e compreensão das questões ambientais (FLORENZANO, 2011). O Sensoriamento Remoto (SR) é um exemplo destes recursos. Que é definido por Novo (1992) e Jensen (2007) como a tecnologia ou o método que permite obter imagens variadas da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

O SR fornece ferramentas poderosas para estudar os diversos fenômenos na superfície do planeta, entre os quais destaca-se principalmente os urbanos, rurais, industriais, os sistemas aquáticos (GRIFFITH *et al.*, 2010; SUTTON, 2003). Os dados empregados ou gerados pelo SR estão cada vez mais precisos, uma vez que a resolução espacial e temporal dos sensores vem aumentando com o passar dos anos. Isso decorre do avanço tecnológico, pelo qual perpassa a atualidade (OLIVEIRA, 2016). A oferta de dados também está aumentando, uma vez que canais de divulgação como a internet vem se consolidando como principal veículo para a circulação das informações espaciais, principalmente imagens disponibilizadas através de serviços gratuitos (NGUYEN *et al.*, 2011). Com tudo isso, os programas computacionais estão tornando-se cada vez mais acessíveis, principalmente por meio de plataformas “*Open Source*”, os quais são gratuitos e caracterizam-se pela participação e contribuição de desenvolvedores e usuários de diferentes partes do planeta que, juntos, trabalham pelo aperfeiçoamento dos materiais e métodos.

Em novembro de 2010 durante a Conferência Internacional de Mudanças Climáticas, realizada em Cancún, no México, foi lançado pela Empresa Google o serviço *Google Earth Engine* (GEE). O GEE caracteriza-se como um “serviço virtual” de armazenamento e processamento em vários níveis de dados e informações de diversas plataformas e séries de satélites empregados no estudo da Terra. Sendo um dos seus objetos o mapeamento do Uso e Cobertura da Terra (UCT) em escala global

empregando os recursos computacionais em *cloud computing* (computação em nuvem). As questões relacionadas às mudanças climáticas em escala global também norteiam os propósitos deste serviço, possibilitando a compartimentação em escalas menores (regional e local) (GOOGLE, 2015). Através da poderosa capacidade de processamento e transferência de dados e informações é possível consultar, selecionar, processar e gerar subprodutos como composições coloridas (RGB - *Red/Green/Blue*), e até mesmo mapas temáticos.

A arquitetura do GEE pode ser definida como uma grande rede onde conectam-se as principais bases de dados ambientais oriundas de programas de pesquisas espaciais como: *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), *United States Geological Survey* (USGS) e *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA) pertencentes ao Governo Norte Americano e também por outras Agências como a *European Space Agency* (ESA) da União Europeia e de *Indian Space Research Organisation* (ISRO) do Governo Indiano, entre outros tantos colaboradores.

O GEE proporciona uma nova metodologia nos trabalhos de SR, uma vez que os usuários trabalham em um ambiente virtual, o qual não necessita dos recursos de processamento e armazenamento dos dados em seus *desktops* localmente. Empregam-se a conexão com a internet para acessar as bases e serviços de processamento hospedados nos diversos datacenters da empresa espalhados pelo globo, que para Armbrust *et al.* (2010) caracterizam-se como centro de dados compostos por milhares de servidores estruturados em uma grande rede, que alcança grande capacidade de processamento e armazenamento. Desta forma, os trabalhos de processamento alcançam maiores velocidades quando comparados aos recursos de um *Personal Computer* (PC) ou *Desktops* (OLIVEIRA, 2016).

A gratuidade no acesso aos recursos da plataforma pode se tornar uma alternativa ao elevado valor necessário para aquisição de conjunto de *softwares*, *hardwares* e demais estruturas necessárias às pesquisas relacionadas ao mapeamento do uso e cobertura da Terra. O GEE emerge como um instrumento baseado em inovações tecnológicas, que traz consigo novas metodologias, neste caso, relacionado

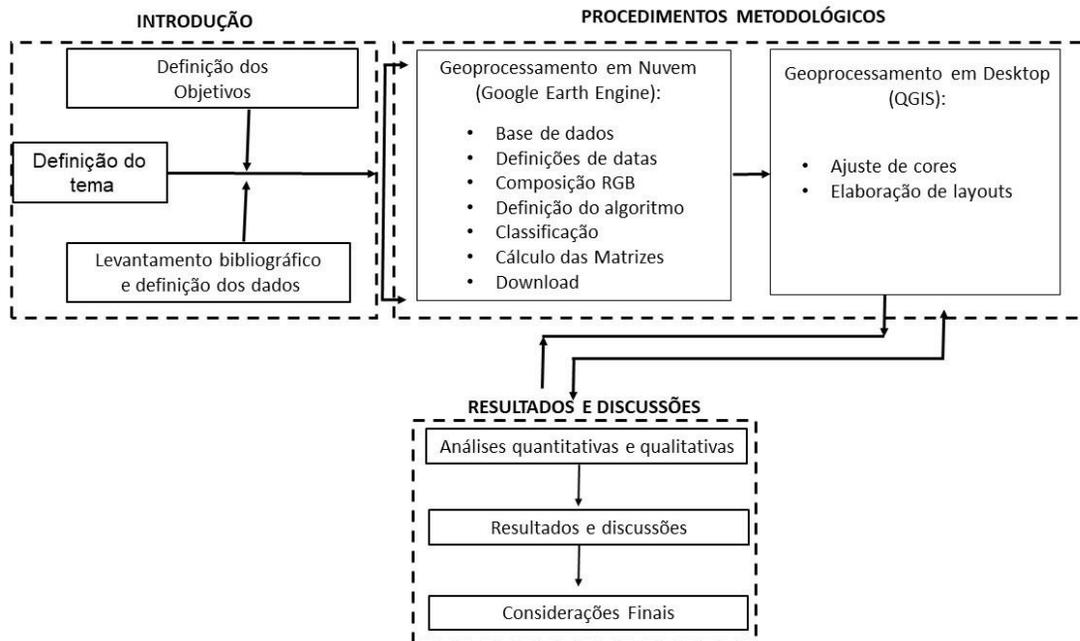
ao SR. A aplicação deste recurso em conjunto com suas técnicas concretiza novas formas de investigação às diferentes regiões do planeta Terra.

Sendo assim, este artigo propõe o mapeamento e a análise das mudanças do Uso e Cobertura da Terra (UCT) em uma escala multitemporal para a Ilha de Itaparica – Bahia, Brasil, empregando dados e recursos computacionais da plataforma GEE. Com mais de 40 km de praias, a Ilha de Itaparica possui uma ocupação antrópica marcante em sua paisagem. Ao longo das últimas décadas o crescimento urbano caracterizou-se como um fenômeno constante no local.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa estruturam-se em dois momentos distintos, os quais se correlacionam diretamente e indiretamente. Para etapa inicial foi realizado o levantamento bibliográfico para fundamentar as principais discussões conceituais relacionadas à problemática ambiental. O embasamento teórico conceitual serviu para a realização das análises quantitativas e qualitativas sobre as mudanças de padrões de UCT ao longo da série temporal definida.

Foram utilizados integralmente os recursos computacionais do *Google Earth Engine* (GEE). Para consulta ao banco de imagens, definição dos parâmetros adotados e processamento foi utilizado o ambiente de visualização denominado *Workspace*. As etapas de pré-processamento e processamento ocorreram de maneira on-line dentro do ambiente virtual do GEE. A geração dos mapas temáticos foi realizada por meio do QGIS. O fluxograma a seguir demonstra a sequência dos procedimentos metodológicos adotados para a realização do estudo (Figura 1).



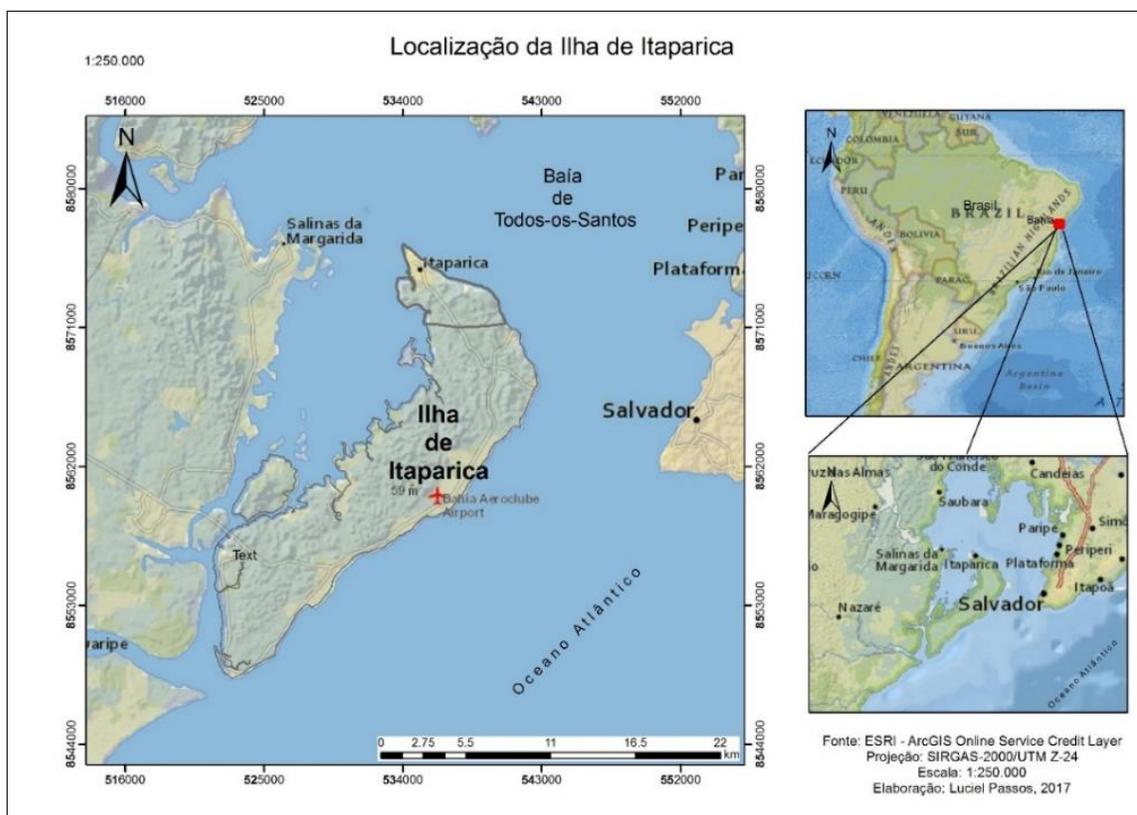
**Figura 1:** Fluxograma contendo a sequência dos procedimentos adotados no estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os procedimentos operacionais foram sistematizados em quatro etapas: Caracterização da área; Composições coloridas; Definição do algoritmo classificador; Avaliação e acurácia. Todas as etapas da análise estão descritas a seguir.

## 2.1. Área de Estudo

A área de estudo corresponde à Ilha de Itaparica, localizada entre os municípios de Salvador e Salinas das Margaridas, no estado da Bahia, Brasil. Trata-se de uma ilha compreendida pelos municípios de Itaparica e Vera Cruz, que juntos possuem uma área de aproximadamente 240 km<sup>2</sup>. Localizada sobre as rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Recôncavo Baiano, é a maior ilha das 56 que compõem o arquipélago da Baía de Todos os Santos (SOUZA e SILVA, 2015) (Figura 2). A ilha fica distante 13 km da cidade de Salvador, o acesso ocorre por *ferry-boat*, catamarã e lanchas que partem dos terminais náuticos da capital baiana e também pela BA-001 através da ponte sobre o canal de Itaparica no lado oeste da ilha.



**Figura 2:** Localização da área de estudos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Souza e Silva (2014) o clima da Ilha de Itaparica é do tipo tropical quente-úmido, com médias anuais de temperatura em torno de 25,2<sup>o</sup> C, com precipitação pluviométrica e evaporação em torno de 2.100mm e 1.002mm anuais, respectivamente (INMET, 1992). Tal clima, aliado às condições de fertilidade do solo, favorecem o desenvolvimento de tipologias vegetacionais costeiras do tipo Mata Atlântica, mangues e restingas (SOUZA e SILVA, 2014, p.471).

## 2.2. Caracterização Inicial dos dados

Para o estudo, foi empregado um conjunto de dados denominado de *Global Land Survey* (GLS) coleção de imagens de diferentes séries de satélite e sensores correspondente aos anos de 2000 a 2014, para o estudo utilizou-se das coleções GLS2000<sup>1</sup>, GLS2005<sup>2</sup> e GLS2010<sup>3</sup>, disponíveis no Banco de Dados da plataforma

<sup>1</sup> GLS2000: satélite Landsat 7; sensor ETM+; série temporal 2000-2003

Google Earth Engine (GEE) os quais são oriundos do acervo da *United States Geological Survey* (USGS) e *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). A plataforma GEE realiza um pré-processamento destas imagens (dados/informações) estruturando assim um “mosaico *pixelar*” (OLIVEIRA, 2016, p.25-26).

Os mosaicos *pixelares* caracterizam-se como um recurso da plataforma GEE que realiza uma varredura no conjunto de todas as imagens disponíveis (todas as bandas) para o período estabelecido. Em seguida, para cada banda da imagem que compõe este conjunto, é realizada a identificação de pixels comprometidos por fenômenos atmosféricos, erros do sensor imageador, entre outras falhas. Os algoritmos de construção do mosaico *pixelar* substituem o pixel comprometido por um outro não comprometido com características próximas (OLIVEIRA, 2016). Desta forma, as bandas do sensor utilizado neste trabalho para a composição das imagens no GEE caracterizam-se por ser resultado das médias dos pixels para o período compreendido. Sendo assim, as imagens utilizadas corresponderam às médias calculadas entre os períodos 2000-2002 para imagens relativas ao ano 2000 e 2012-2014 para imagens relativas ao ano 2014.

As bandas espectrais correspondentes as coleções da série de satélites LANDSAT disponibilizadas na base de dados do GEE, já se encontra com refletância de topo de atmosfera calculada. Os dados também incorporam a correção geométrica a partir do mosaico Geocover, assim possibilitando sobreposições com baixa taxa de erro médio quadrático.

### **2.3. Composições Coloridas RGB – Red/Green/Blue**

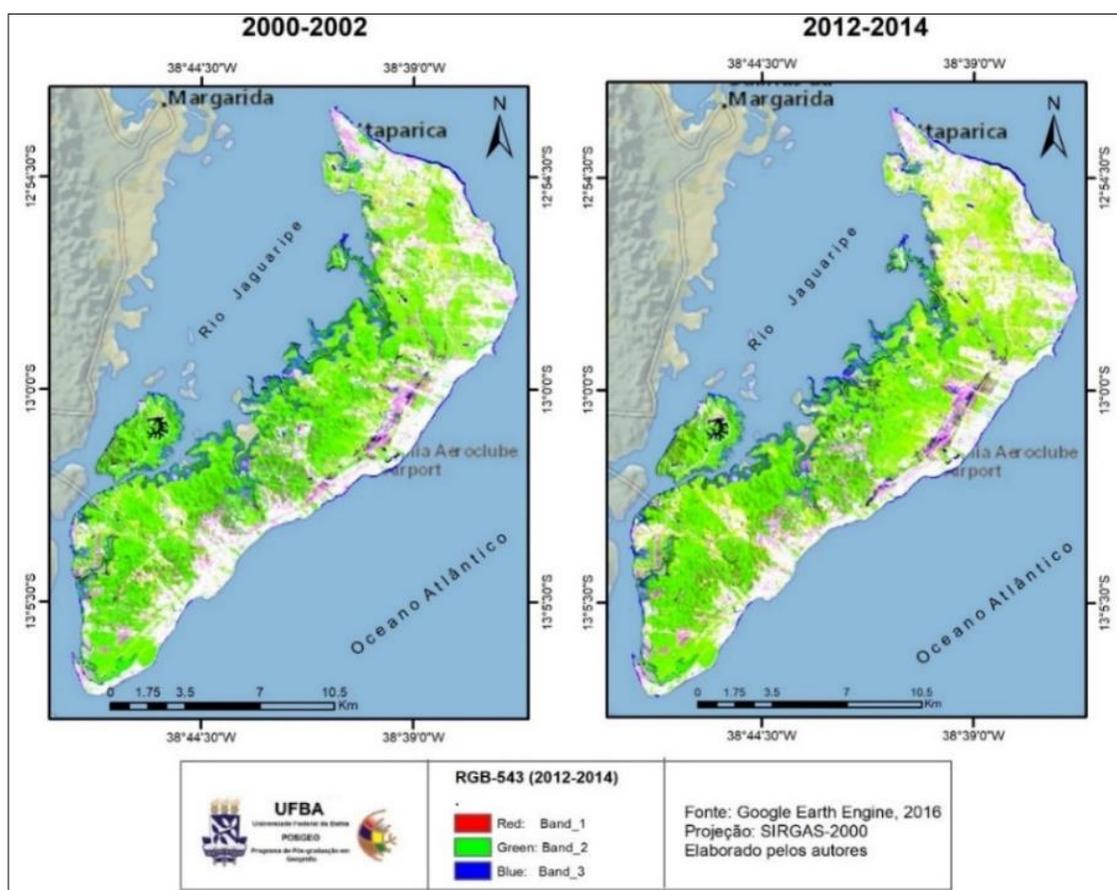
Foram realizadas as composições coloridas *Red/Green/Blue* RGB-543, com os respectivos intervalos espectrais de banda:(1,55 - 1,75); (0,76 - 0,90) e (0,63 - 0,69) e RGB-432, com os respectivos intervalos espectrais de banda: (0,76 - 0,90), (0,63 - 0,69) e (0,52 - 0,60) no ambiente virtual da plataforma GEE. Segundo a literatura, a composição RGB-543 (Figura 3) é uma das mais utilizadas para estudo do uso e cobertura da Terra empregando dados LANDSAT; nesta composição, elementos como

---

<sup>2</sup> GLS2005: satélite Landsat 5 e Landsat 7; sensor TM e ETM+; série temporal 2003-2008

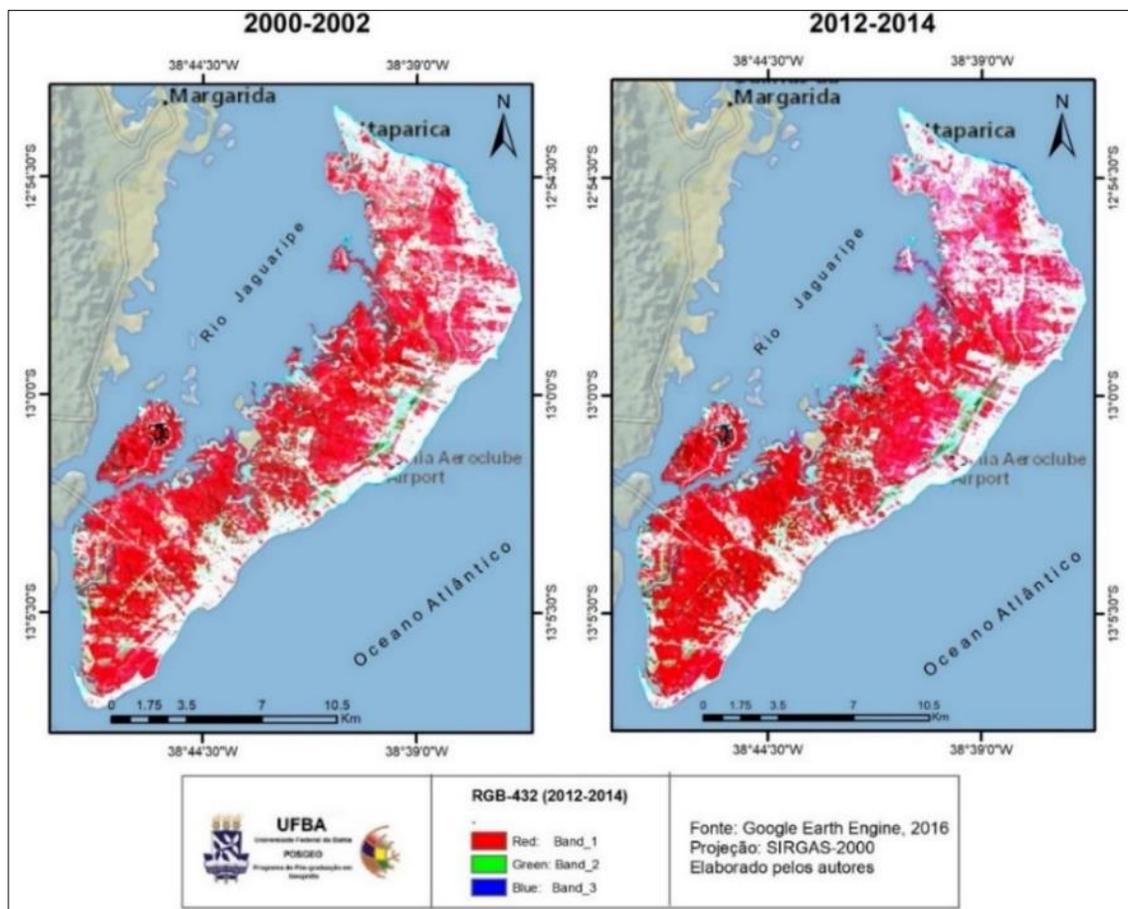
<sup>3</sup> GLS2010: satélite Landsat 5 e Landsat 7; sensor TM e ETM+; série temporal 2008-2014

a água, a vegetação e o solo exposto apresentam boas definições. Para nortear as definições das classes utilizou-se como referência o trabalho realizado pelo MAPBIOMAS (<https://mapbiomas.org/>), uma vez que tal instrumento vem se consolidando por meio das suas coleções de dados de UCT para o território brasileiro. Além disso, realizou-se uma interpretação visual dos padrões da imagem. Assim, as classes definidas para o estudo foram: “Área construída” definida como sendo áreas urbanas e também edificações isoladas; “Manguezais”; “Florestas”; “Agropecuária” caracterizadas como áreas cobertas por vegetação de pequeno porte (cultivos) e gramíneas (pastagem); “Vegetação arbustiva”; “Solo exposto” e “Água”.



**Figura 3:** Composição *red/green/blue-543* empregada na classificação. Fonte: elaborado pelos autores.

A composição RGB-432 (Figura 4) foi empregada para validar a interpretação da composição anterior (RGB-543). Além dela, utilizou-se para validação também imagens de média resolução e fotos (*in loco*) para confirmar a diversidade do porte da vegetação ao longo da costa e reconhecer as características das áreas de manguezais que se diferenciam nas composições empregadas no estudo.



**Figura 4:** Composição *red/green/blue*-432 utilizada para validação da classificação. Fonte: elaborado pelos autores.

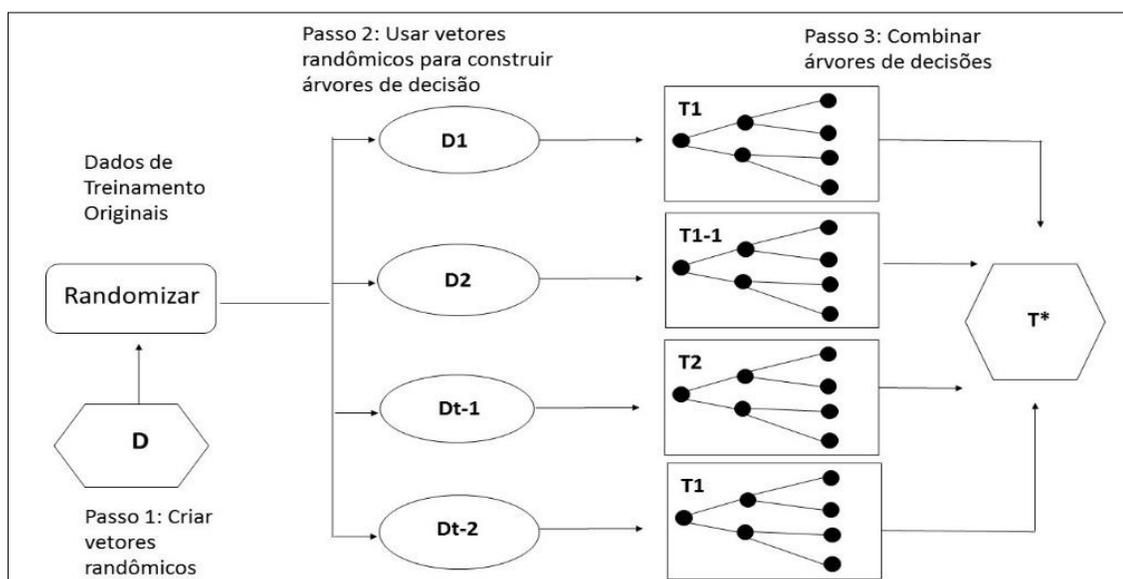
#### 2.4. Algoritmo Classificador

Seguindo a metodologia proposta por Oliveira (2016), foi definida a composição RGB-543 como imagem a ser submetida ao algoritmo de classificação *Random Forest*. Definido como um algoritmo de aprendizagem supervisionada ele integra o conjunto de

classificadores disponíveis na plataforma GEE e é considerado um dos mais eficientes, apesar da sua complexidade. Segundo Díaz-Uriarte e Alvarez de Andrés (2006), este algoritmo apresenta um desempenho satisfatório em tarefas de classificação de dados complexos.

A precisão do *Random Forest* é medida probabilisticamente em termos de margem de acerto do classificador e do conjunto de treinamento aleatório a partir de vetores, os quais representam amostras de treinamento já descritas anteriormente.

Este classificador é considerado por Baranauskas (2001), Díaz-Uriarte e Alvarez de Andrés (2006), Tsymbal *et al.* (2006) e Robnik-Šikonja (2004) um método que consiste em um conjunto de árvores de decisão gerados dentro de um mesmo objeto. A tarefa dos classificadores é tentar prever a classe de um objeto representado por uma instância, baseado no valor dos seus atributos (Figura 5).



**Figura 5:** Funcionamento do algoritmo de classificação *Random Forests*. Fonte: Adaptado de Tsymbal *et al.* (2006).

## 2.5. Produto Final

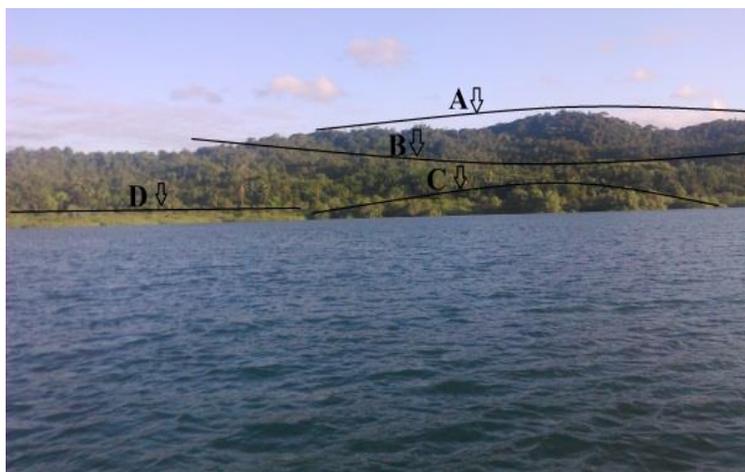
O mapa resultante da classificação no ambiente de trabalho do GEE foi importado através de *download* de um arquivo no formato *Geotiff*, disponibilizado pela

própria plataforma. A partir do arquivo *Geotiff*, foi possível confeccionar o *layout* final para os mapas de Uso e Cobertura da Terra resultantes da classificação da composição RGB-543 empregando o *software* QGIS 3.10.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

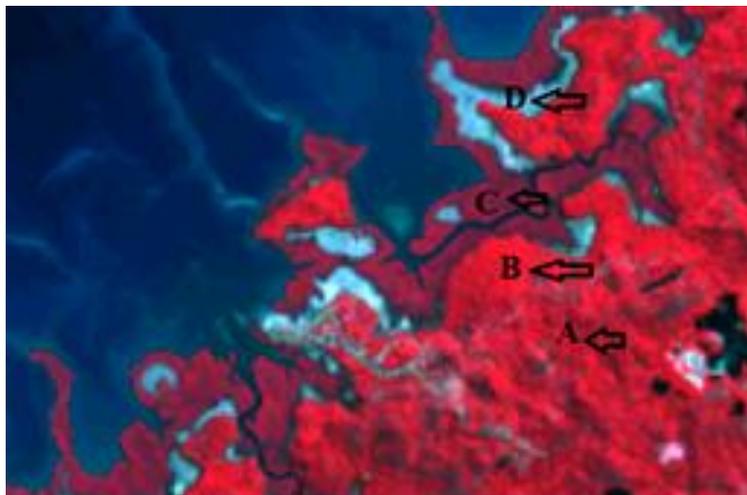
A composição RGB-543 em conjunto com o *Random Forest* possibilitou identificar as principais feições de Uso e Cobertura da Terra na área de estudo, diferenciando com clareza as áreas úmidas das áreas secas, assim como realçando as áreas marcadas por edificações, agricultura e solo exposto. A composição RGB-432, auxiliou à tomada de decisão durante a coleta dos pixels amostrais correspondentes a cada classe de uso e cobertura definida previamente, uma vez que nesta composição a vegetação alcança maior contraste com os demais alvos, sendo possível diferenciar os níveis da vegetação enquanto as áreas antropizadas (edificações, solo exposto) assumem uma feição mais clara distinguindo-se claramente das coberturas vegetais.

A partir da interpretação das imagens e das fotos registradas *in loco* foi possível identificar a variedade de coberturas vegetais existente em alguns pontos da área de estudo. A seguir distinguem-se 4 tipos de vegetação: (A) e (B) caracterizam-se por florestas (Mata Atlântica) nas áreas mais elevadas da ilha, (C) indica vegetação de manguezal denso e (D) refere-se as áreas com vegetação arbustiva tipo restingas e áreas com manguezais em estágio inicial de crescimento (Figuras 6 e 7).



**Figura 6:** Fotografia em campo da área com vista à variedade da cobertura vegetal.

Fonte: Luciel Passos (2014).



**Figura 7:** Composição RGB-432 com diferenciação da vegetação. Fonte: *Google Earth Engine/ Landsat/ RGB-432 2012-2014*.

### 3.1. Validação e Acurácia do Algoritmo Classificador

A validação e a acurácia da classificação foram obtidos através da geração da matriz de confusão (índice *Kappa*) dos mapas gerados pelo classificador *Random Forest*, no ambiente da plataforma GEE. Após a classificação, o sistema gera uma matriz matemática onde são apresentados os valores correspondentes à taxa de acerto do algoritmo em relação às amostras dos *pixels* coletados e assinalados com a classe específica. Para este estudo foi gerado um conjunto de duas tabelas, as quais representam as taxas de acertos dos mapas gerados (composição RGB-543 classificado pelo algoritmo *Random Forest*). As Tabelas 1 e 2, correspondentes aos mapas dos períodos 2000-2002 e 2012-2014, são apresentadas a seguir.

**Tabela 1:** Matriz de confusão para o período de 2000-2002 a partir do classificador *Random Forest*.

Classes	Pontos/ Amostras	Área construída	Manguezais	Florestas	Agropecuária	Solo exposto	Vegetação arbusitiva	Água
Área construída	7.980	<b>86,92%</b>	0%	0,54%	7,03%	0,15%	5,34%	0,03%
Manguezais	7.822	0,03%	<b>93,43%</b>	6,2%	0,19%	0,03%	0,03%	0,1%
Florestas	71.711	0,08%	0,69%	<b>97,55%</b>	1,49%	0,03%	0,15%	0,02%
Agropecuária	30.937	1,26%	0,04%	2,31%	<b>93,38%</b>	0,20%	2,80%	0,02%
Solo exposto	1.044	0,96%	0,1%	2,39%	8,43%	<b>81,99%</b>	6,13%	0%
Vegetação arbusitiva	10.579	3,54%	0,01%	1,04%	7,51%	0,38%	<b>87,51%</b>	0%
Água	5.005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<b>100%</b>

Número de amostras: 609.819 / Overall validity: **99,13%**

**Tabela 2:** Matriz de confusão para o período de 2012-2014 a partir do classificador *Random Forest*.

Classes	Pontos/ Amostras	Área construída	Manguezais	Florestas	Agropecuária	Solo exposto	Vegetação arbusitiva	Água
Área construída	7.980	<b>88,12%</b>	0%	1,93%	6,07%	0,13%	3,75%	0,01%
Manguezais	7.822	0%	<b>92,12</b>	7,25%	0,6%	0,02%	0%	0,01%
Florestas	71.711	0,22%	1,18%	<b>94,74%</b>	3,38%	0,06%	0,42%	0%

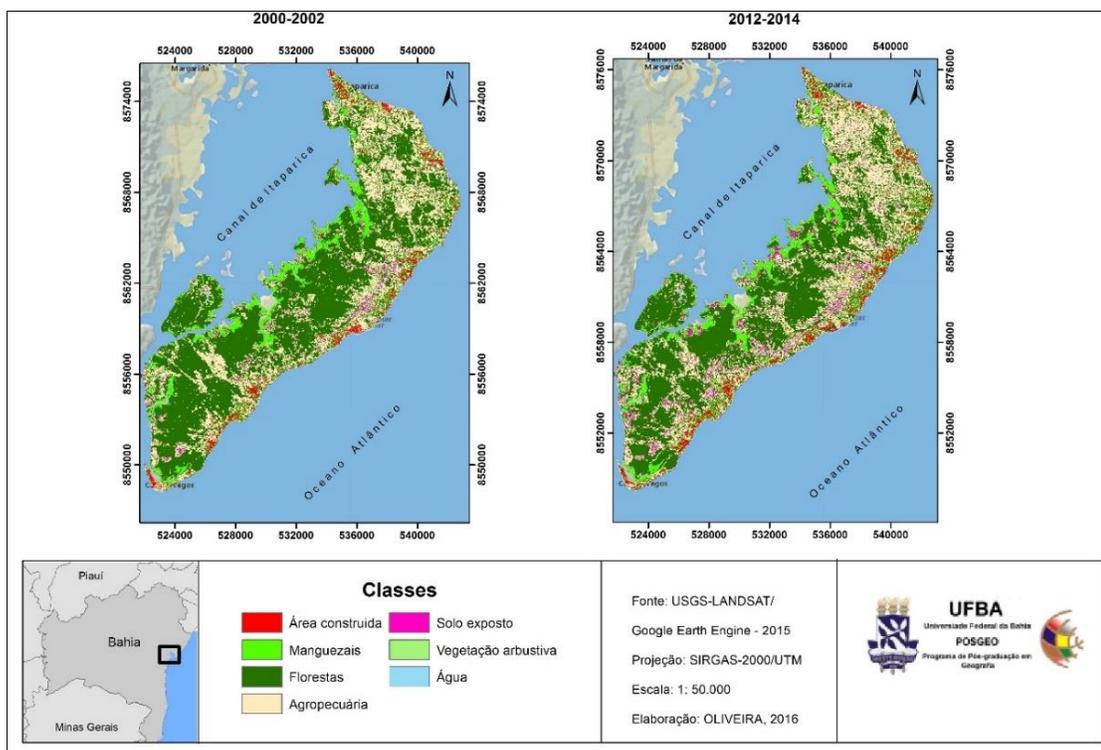
Agropecuária	30.937	1,39	0,31%	7,27%	<b>88,03%</b>	0,27%	2,72%	0%
Solo exposto	1.044	0,9%	0,06%	3,59%	5,39%	<b>85,25%</b>	4,55%	0,26%
Vegetação arbustiva	10.579	2,63%	0%	1,87%	7,49%	0,58%	<b>87,44%</b>	0%
Água	5.005	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<b>99,99%</b>

Número de amostras: 609.819 / **Overall validity: 94,66%**

As matrizes de confusão apresentaram valores satisfatórios com uma taxa de veracidade de 99,13% para primeiro período e de 94,66% para o segundo período. Essas taxas correspondem à verdade no terreno com base nas definições da coleta e treinamento realizados no ambiente virtual do GEE.

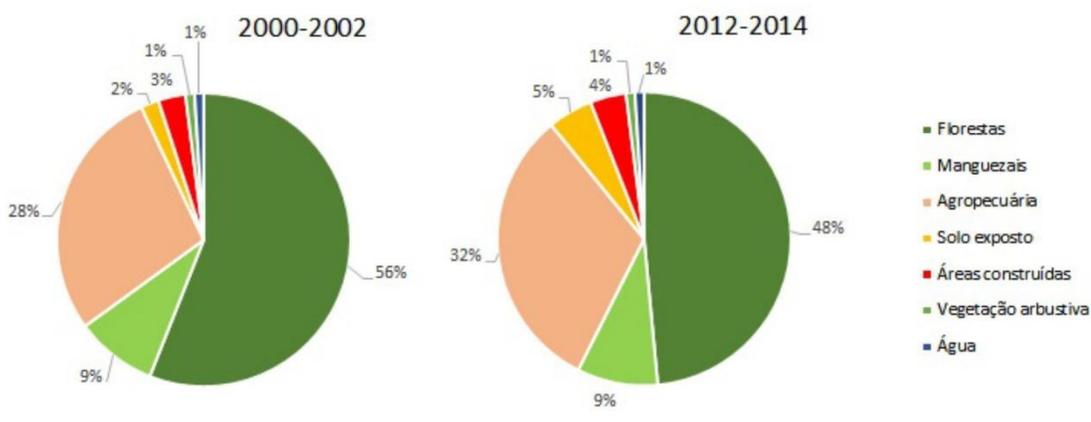
### 3.2. Mudanças dos Padrões de Uso e Cobertura da Terra

Os mapas de Uso e Cobertura da Terra (UCT) para a Ilha de Itaparica correspondentes aos dois períodos investigados 2000 e 2014 (Figura 8) possibilitaram uma visão integrada dos principais componentes da paisagem local, considerando as sete classes definidas: Área construída, Manguezais, Florestas, Agropecuária, Solo exposto, Vegetação arbustiva e Água. Bem como da identificação da variação dos padrões de UCT ao longo do tempo.



**Figura 8:** Mapas de Uso e Cobertura da Terra para a Ilha de Itaparica, Bahia, para os anos de 2000 e 2014. Fonte: Elaborado pelos autores.

A comparação (quantificação) dos resultados possibilitou identificar fenômenos antrópicos como variações nas taxas de cobertura das terras na Ilha de Itaparica. Os valores das classes de UCT quantificadas neste estudo são colocados em porcentagem da área total ao longo da série temporal composta pelos dois períodos analisados (Figura 9).



**Figura 9.** Gráfico da distribuição em porcentagem de Uso e Cobertura da Terra para a Ilha de Itaparica, Bahia, nos dois períodos mapeados. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o período inicial da série temporal (2000-2002), a classe “Florestas” era predominante na área, com 56% de cobertura. Para o período de 2012-2014 esta classe apresentou um valor menor (49%), sendo uma diferença de 7% da cobertura, que foi perdida no intervalo.

As áreas ocupadas pela vegetação de “Manguezal” apresentaram um comportamento linear ao longo dos períodos investigados. Para o mapa inicial (2000-2002) a taxa de cobertura por Manguezais na Ilha de Itaparica correspondeu a 9% do total da superfície; que se manteve para o período final (2012-2014). Esta manutenção pode estar relacionada à preservação dessas áreas, que correspondem a Áreas de Preservação Permanente (APP’s) que são protegidas por leis específicas.

As atividades “Agropecuárias” apresentaram uma expansão na sua fração de cobertura na Ilha de Itaparica. No período inicial (2000-2002) ocupava cerca de 28% da cobertura das terras na ilha; no período final (2012-2014) esta taxa aumentou para 32%; da área total da ilha.

As áreas correspondentes a “Solo exposto” apresentaram crescimento contínuo ao longo dos dois períodos investigados. Inicialmente o solo exposto ocorreu em 2% da área, alcançando 5% no período final. O crescimento das áreas de solo exposto pode estar relacionado com o aumento das atividades antrópicas caracterizadas pela

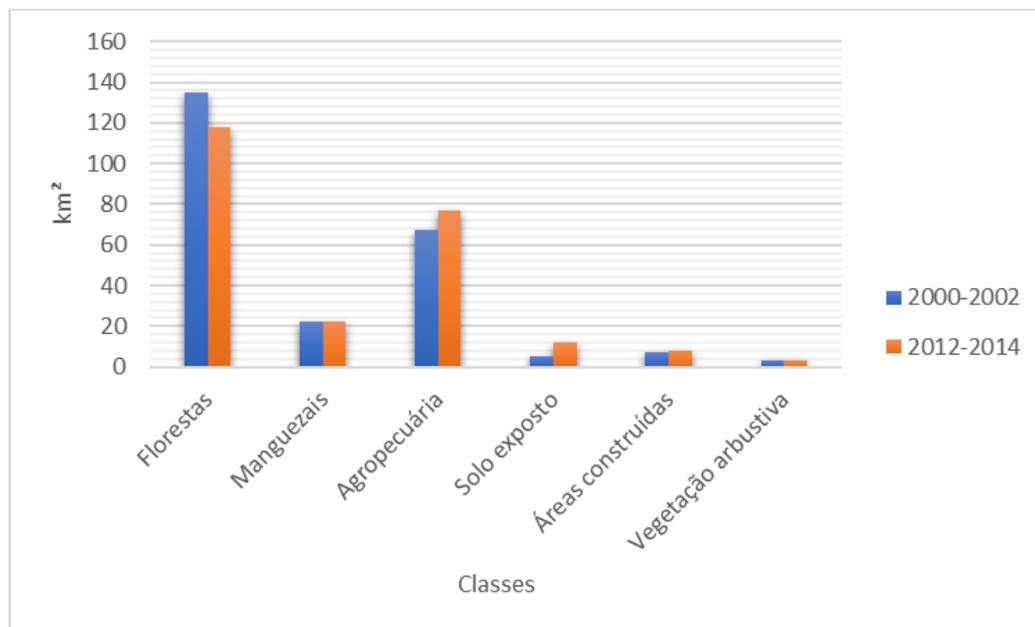
degradação do solo em conjunto com a expansão de atividades agropastoris e também do crescimento urbano na área de estudo.

A classe denominada “Área construída” ocupando inicialmente 3% no período de 2000-2002 passaram a ocupar 4% no último período investigado (2012-2014). Devemos considerar que nesta classe existe uma maior ocorrência de erros por parte do classificador, uma vez que o comportamento espectral dos alvos definidos como “Solo exposto”, “Áreas construídas” e “Agropecuária” nos diferentes períodos apresentam respostas espectrais e de reflectância muito próximas, desta forma, implicando em redução de acurácia, como demonstraram as matrizes de confusão (Tabelas 1 e 2). A aplicação realizada demonstrou que a precisão do *Random Forest* pode ser melhorada substituindo a função de combinação do resultado dos classificadores pela integração dinâmica, que é baseada no desempenho local das estimativas de performance dos preditores básicos (TSYMBAL *et al.*, 2006 *apud* OLIVEIRA, 2016).

As áreas classificadas como “Vegetação arbustiva” incluem a vegetação de restinga localizada nas proximidades das praias. Esta classe apresentou taxas de cobertura estáveis ao longo dos períodos investigados por esta pesquisa equivalentes a 1%, as áreas classificadas como vegetação arbustiva encontram-se próximas de áreas voltadas a atividades agropastoris, sendo ambas caracterizadas pela cobertura vegetal, porém com níveis foliares e portes distintos, algo verificado pelas imagens e registros fotográficos. A vegetação arbustiva presente na Ilha de Itaparica apresentou valores espectrais próximos da vegetação de porte inferior (pastagens), o que implica em uma generalização por parte do algoritmo classificador na diferenciação das áreas de “Agropecuária” e “Vegetação arbustiva” podendo com isso ter influenciado nas matrizes de confusão (Tabelas 1 e 2).

As concentrações de áreas destacam-se principalmente para as Florestas, Agropecuária e Solo exposto, sendo estas as classes de UCT mais representativas na área de estudo. Na Figura 10, é demonstrada a distribuição de área ocupada em km<sup>2</sup> para cada classe escolhida. Foi possível perceber que a classe denominada Florestas apresentou os maiores valores de redução saindo de aproximadamente 134 km<sup>2</sup> para

cerca de 118 km<sup>2</sup> no período compreendido pelos anos 2000 e 2014. A Agropecuária e o Solo exposto apresentam-se como áreas onde houve evolução dos valores máximos passando de 67 para 77 km<sup>2</sup> e de 5 para 12 km<sup>2</sup>, respectivamente. As áreas de Mangue na ilha investigada ocupam área em torno de 21 km<sup>2</sup>. As demais classes apresentam valores inferiores a 10 km<sup>2</sup>.



**Figura 10.** Distribuição das classes de área ocupada em km<sup>2</sup> das terras para a Ilha de Itaparica, Bahia, nos dois períodos analisados (2000 e 2014). Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta pesquisa foi possível realizar um experimento envolvendo o uso de uma tecnologia na área do sensoriamento remoto, a plataforma *Google Earth Engine*, trazendo novas possibilidades para as investigações relacionadas ao Uso e Cobertura da Terra (UCT). O emprego desta ferramenta possibilitou uma visão quantitativa das mudanças de UCT ao longo de dois períodos temporais distintos. Foi possível identificar as principais transformações da paisagem para o período analisado com perda da Floresta nativa (-16 km<sup>2</sup>) e crescimento de áreas de Agropecuária (+10 km<sup>2</sup>) e Solo

exposto (+7 km<sup>2</sup>). Somando-se a área com Florestas com a área de APP, a área de estudo contém cerca de 139 km<sup>2</sup>, algo em torno de 58%.

Foi possível perceber também quão impactante é atuação do homem na transformação do espaço em que vivemos e quanto podemos evoluir no trato da aplicação de instrumentos e métodos relacionados às investigações ambientais, porém longe de findar as discussões envolvendo o mapeamento do Uso e Cobertura da Terra, por exemplo a utilização de outros sensores, algoritmos classificadores e de outro período temporal certamente trará contribuições ao tema.

Avaliando a precisão do algoritmo classificador *Random Forest* presente no GEE observamos que o comportamento do classificador para o mapeamento do UCT para Ilha de Itaparica foi satisfatório. Principalmente quando para trabalhos envolvendo vegetação vigorosa assim como o encontrado por Díaz-Uriarte e Alvarez de Andrés (2006). Havendo certa limitação para classificar áreas descobertas ou com pouca vegetação

Destacamos a possibilidade de melhoria do classificador empregando o método de integração dinâmica apontado por Tsybal *et al.* (2006 *apud* OLIVEIRA, 2016). Entretanto, essa possibilidade não foi o objeto de investigação do presente trabalho. Podendo ser empregado em trabalhos futuros, para a mesma área de estudo. Esse trabalho poderá servir como um referencial, pois a Ilha de Itaparica sofrerá no futuro próximo impactos causados pela construção da ponte Salvador-Itaparica.

## 5. REFERÊNCIAS

- AJARA, C. Geografia e a Questão Ambiental. IBGE. Dep. ed. Rio de Janeiro: 1993.
- ARMBRUST, M.; FOX, A.; GRIFFITH, R.; JOSEPH, A. D.; KATZ, R.; KONWINSKI, A.; LEE, G.; PATTERSON, D.; RABKIN, A.; STOICA, I.; ZAHARIA, M. A view of Cloud Computing. *Communications of the acm.*v. 53, n. 4, p. 50-58, 2010.
- BARANAUSKAS, J. Extração Automática de Conhecimento Utilizando Múltiplos Indutores. [s.l.] Universidade de São Paulo: 2001.
- DÍAZ-URIARTE, R.; ALVAREZ DE ANDRÉS, S. Gene selection and classification of microarray data using random forest. *BMC Bioinformatics*, v. 7, n. 3, p. 1–13, 2006.
- FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3ª ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

- GOOGLE. Introdução ao Google Earth Engine. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/outreach/learn/introduction-to-google-earth-engine/>>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- GRIFFITHS, P.; HOSTERT, P.; GRUEBNER, O.; LINDEN, S. van der. Mapping megacity growth with multi-sensor data. *Remote Sensing of Environment*, v. 114, n. 2, p. 426–439, fev. 2010.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas (1961 - 1990). 1992.
- JENSEN, J. R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* Prentice Hall. 2nd Edition ed. Upper Saddle River. 2007.
- NGUYEN, T. T. H.; DE BIE, C. A. J. M.; ALI, A.; SMALING, E. M. A.; CHU, T. H. Mapping the irrigated rice cropping patterns of the Mekong delta, Vietnam, through hyper-temporal SPOT NDVI image analysis. *International Journal of Remote Sensing*, v. 33, n. 2, p. 415–434, 20 jan. 2011.
- NOVO, E. D. M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. 2a. edição ed. São Paulo: 1992.
- OLIVEIRA, L. *Uso e cobertura das terras no entorno da baía de todos os santos, Bahia, Brasil: mudanças dos padrões espaciais em séries temporais*. [s.l.] Dissertação do Mestrado Ciências Ambientais. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2016.
- ROBNIK-ŠIKONJA, M. Improving random forests. In *European conference on machine learning*, v. 320, p. 359–370, 2004.
- SOUZA, J. L. DE; SILVA, I. R. Avaliação da qualidade ambiental das praias da Ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia. *Sociedade & Natureza*, v. 27, n. 3, p. 469–483, dez. 2015.
- SUTTON, P. C. A scale-adjusted measure of “Urban sprawl” using nighttime satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 86, n. 3, p. 353–369, ago. 2003.
- TSYMBAL, A.; PECHENIZKIY, M.; CUNNINGHAM, P. Dynamic Integration with Random Forests. In: Berlin: [s.n.]. p. 801–808. 2006.