



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ANA PAULA DE OLIVEIRA

**IDENTIFICANDO MUDANÇAS NA COBERTURA URBANA DO RIO DE
JANEIRO ENTRE 2000 E 2015 – DO MÉTODO GEOBIA À ABORDAGEM NA
NUVEM COM GOOGLE EARTH ENGINE**

RIO DE JANEIRO

AGOSTO/2017

ANA PAULA DE OLIVEIRA

**IDENTIFICANDO MUDANÇAS NA COBERTURA URBANA DO RIO DE JANEIRO
ENTRE 2000 E 2015 – DO MÉTODO GEOBIA À ABORDAGEM NA NUVEM COM
GOOGLE EARTH ENGINE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA,

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA.

ORIENTADORA:

Elizabeth M^a Feitosa da Rocha de Souza (Prof^a Dr^a, UFRJ)

RIO DE JANEIRO

AGOSTO/2017

AGRADECIMENTOS

Ao longo da minha jornada houveram diversas pessoas que participaram significativamente para o meu crescimento, e para o desenvolvimento dessa pesquisa. Tentarei de forma singela agradecer carinhosamente todos os esforços para me ajudar.

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de ter tido a experiência incrível de cursar um mestrado, numa instituição tão conceituada que me fez crescer muito, e por colocar pessoas tão especiais e queridas no meu caminho.

A minha família que sempre me apoiou e motivou, e me deu suporte para que eu pudesse ter essa oportunidade de estudar. Aos meus amigos, todos eles, sobretudo os que são integrantes do laboratório ESPAÇO que me apoiaram, e sobretudo me deram força na reta final. Foi imprescindível a presença, a força e a paciência de vocês.

Ao meu irmão, Rodrigo Oliveira, que é para mim um referencial, que sempre me apoiou muito, mesmo que remotamente, pois estava do outro lado do oceano. Irmão, você é uma das pessoas mais inteligente e nobre que conheço. Sem dúvida, quero ser como você quando crescer!

A minha orientadora, Beth, que me apoiou e se tornou um grande braço direito. Acreditando no meu desenvolvimento científico e acadêmico. Me dando suporte, apoio, e tendo uma paciência infinita, em todos os momentos em que a preocupação foi muito maior que a minha visão do produto final, e foram muitos momentos. Sempre me motivando ir além, e me desafiando, fazendo maximizar o potencial que ela via em mim. Muito Obrigada!

Alguns integrantes do laboratório foram colaboradores diretos no decorrer do tempo. O Felipe Amaral, que teve uma paciência de Jó na fase do pré-processamento dos dados, porque a normalização sempre foi meu calcanhar de Aquiles, e tivemos muitas tentativas, e inúmeras pastas com a nomenclatura “agora vai”, “dessa vez vai”, “normaliza por favor”, e por fim conseguimos!

Ao Vandr  Viegas, que me ajudou muito na coleta de materiais bibliográficos, e o ombro amigo sempre presente não é mesmo!? Sem contar os helps extras, com direito a sms de “liga sua internet rs”. A Julia Lourenço, que me ajudava na crise do “preciso ter o olhar geográfico”, e em outras crises também.

A Paula Maria Moura, uma coorientadora incrível, mesmo que não oficial. Nossa, não tenho palavras para descrever o quanto sou grata por sua colabora o! Sempre me motivando a pensar, me fazendo sair da zona de conforto, sempre com uns questionamentos que me faziam refletir por dias. E o melhor dessa experiência ao longo dessa jornada,   que no início nos conhecíamos muito pouco, e ao longo da minha trajetória esse relacionamento foi criando laços maiores, e hoje a admiro ainda mais. Sem d vida, levarei a experiência que tivemos para a vida.

Ao Eduardo Lacerda, que foi sensacionalmente brilhante em me transferir alguns conceitos fundamentais para minha pesquisa. Teve paciência, e me acompanhou por

semanas. Trabalhando lado a lado comigo. Edu, você é muito genial, sério! Acho que nunca te falei isso pessoalmente, mas tenho uma enorme admiração pelo seu conhecimento, pela sua visão de ver as coisas. Muito obrigada mesmo, você foi fundamental!

Gabriel Duarte, não sei nem como expressar o tanto que você me ajudou e colaborou, eu realmente agradeço muito. E eu fecho um ciclo esse mês, e você inicia outro. Porto tem sorte de receber alguém tão dedicado, e esforçado como você! Seu altruísmo é uma virtude que admiro muito! Muito obrigada, meu amigo, espero que quando você voltar aconteça aquelas aulinhas de Excel. E sem dúvida, rola as trocas de experiência via Skype (GEE). Seja feliz!

E por fim, e não menos importante, André Lopes, chegou na reta final, mas que parte né!? Obrigada pela paciência, apoio, motivação, por acreditar, e sempre me impulsionar a ir mais longe, a sonhar mais alto. Só tenho mesmo a agradecer, meu bem.

Bom a muitos agradeço pela paciência, e isso se deve a um motivo muito peculiar, que com certeza todos eles entenderam, pois acompanharam muito de perto todo ou parte do caminho que trilhei. Eu juro, amo todos vocês!

RESUMO

A cidade do Rio de Janeiro tem um grande valor histórico para a população e para o país. Foi palco de diversos acontecimentos ao longo dos anos, tendo sediado, por exemplo, os Jogos Pan-americanos, Copa do Mundo, Jogos Olímpicos. Em virtude disso, a cidade sofreu inúmeras mudanças em sua estrutura física, com novos planos urbanísticos, implementação de novas áreas residências, instalação de novas vias de transporte como a instalação do BRT, e o acréscimo da linha 4 do metro. Todas as mudanças só evidenciam a dinâmica interna da cidade, a capacidade de se readaptar as novas necessidades sociais e populacionais, muitas dessas readaptações são viabilizadas segundo interesses governamentais. Estudar esse dinamismo é fundamental para tomada de decisão, seja ela pelo poder público ou privado, e até mesmo entender as necessidades da população local. As inovações tecnológicas alinhadas com a geografia urbana permitem diferentes entendimentos e percepções. Nesse contexto o sensoriamento remoto surge como um grande aliado. O ambiente urbano é caracterizado por diferentes elementos físicos, diferentes materiais, como asfalto, vidro, telhas de amianto, telhas coloniais, cimento, concreto, entre outros, que possuem diferentes respostas espectrais, proporcionando ao urbano uma assinatura espectral peculiar. Com um acervo imagético em larga escala temporal, e com uma resolução espacial de 30m, há uma tendência de escolha pelo satélite Landsat para estudos urbanos. A possibilidade de se olhar o passado por imagens facilita estudos temporais, análises de tendências, identificar áreas de maiores investimentos ao longo do tempo, entre outras alternativas. Com isso o objetivo geral da presente pesquisa é identificar as áreas de mudança no município do Rio de Janeiro entre 2000 e 2015, discutindo diferentes metodologias para identificação de tais áreas, caracterizando segundo uma base oficial. E para isso foram utilizadas a metodologia de classificação orientada a objetos geográficos (GEOBIA) para detectar a dinâmica da mudança dentro do recorte temporal de 15 anos. Utilizou-se posteriormente a plataforma do Google Earth Engine (GEE) para propor e avaliar outras formas de identificação das mudanças em áreas urbanas. O mapeamento de melhor resposta foi o oriundo do GEOBIA, que posteriormente foi submetida a uma caracterização segundo o mapeamento disponibilizado pelo Instituto Pereira Passos (IPP). O mapeamento resultado do GEOBIA obteve um índice kappa de 0,85, e o do GEE entre 0,69 e 0,79. A caracterização fruto de um mapa oficial, permitiu a identificação de áreas urbanas em mudanças de forma mais detalhada.

ABSTRACT

The city of Rio de Janeiro has a great historical value for the population and for the country. Being the scene of several events over the years, and more recently hosted, for example, Pan American Games, World Cup, Olympic Games. As a result of planning for this events, the city has undergone numerous changes in its physical structure, with new urban plans, implementation of new residential areas, installation of new transportation routes such as the installation of BRT, and the addition of metro line 4. All the changes only show the inner dynamics of the city, the capacity to readapt the new social and population needs, many of these readaptations are made possible by governmental interests. Studying this dynamism is fundamental for decision-making, be it public or private, and even to understand the needs of the local population. Technological innovations in line with urban geography allow different understandings and perceptions. In this context, the remote sensing appears as a great ally. The urban environment is characterized by different physical elements, different materials, such as asphalt, glass, asbestos tiles, colonial tiles, cement, concrete, among others, that have different spectral responses, giving the urban a peculiar spectral signature. With a big stock of image in large-scale temporal, and with a spatial resolution of 30m, there is a tendency for the Landsat satellite to choose for urban studies. The possibility of looking at the past through images allows temporal studies, trend analysis, identifying areas of greater investment over time, among other alternatives. With this, the general objective of this research is to identify the areas of change in the municipality of Rio de Janeiro between 2000 and 2015, proposing methodologies to identify such areas, validating on an official basis and characterizing the areas of change. For this purpose geographic object oriented classification techniques (GEOBIA) were used to detect the dynamics of the change within the 15-year time frame. And still, did use The the Google Earth Engine (GEE) platform to propose and evaluate other forms of identification of urban changes. The best response mapping was the one from GEOBIA, which was later submitted to a validation comparing to the mapping provided by the Instituto Pereira Passos (IPP). This comparison was favorable, and the mapping obtained a percentage above 70%. However, this methodology still needs more tests, reapplying in other areas, in order to consolidate it.

SUMÁRIO

I - INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 Motivações e Justificativa	16
1.3 Área de estudo.....	17
1.3.1 Aspectos Físicos e Naturais.....	18
1.3.2 Aspectos Econômicos e Sociais	18
1.4 - Metodologia Geral.....	20
II - REVISÃO TEÓRICA CONCEITUAL	23
2.1 A Cidade e o Espaço Urbano: Conceitos e Correlações	23
2.2 Sensoriamento Remoto, GEOBIA e a Técnica de Detecção de Mudança: Ferramentas complementares para a Análise do Espaço Urbano	30
2.3 Computação na Nuvem e a Plataforma Google Earth Engine: Um Novo Paradigma para a Integração de Dados, Mapeamento e Análise Espaço-temporal pela Geografia	39
III - MODELAGEM DO CONHECIMENTO APLICADO A DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO URBANO, NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO ENTRE 2000 E 2015	45
3.1 Introdução.....	45
3.2 Metodologia.....	47
3.2.1 Pré-processamento das Imagens.....	48
3.2.2 Segmentação, Modelagem e Classificação GEOBIA	49
3.3 Resultados e Discussões	51
3.3.1 Correção Atmosférica e Normalização Radiométrica.....	51
3.3.2 Datação do Período da Mudança.....	54
3.3.3 Avaliação do Mapeamento	56
3.3.4 Análise Espacial e descritiva das Áreas com Mudança na Cobertura do Terra com GEOBIA	58
3.4 Considerações Finais	65
IV - DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO URBANO NO RIO DE JANEIRO, ENTRE 2000 E 2015, COM SUPORTE DA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE - GEE	68
4.1 Introdução.....	68
4.2 Metodologia.....	71
4.2.1 Importação das Imagens Landsat	72
4.2.2 Aplicação do Modelo de Classificação - Índices.....	74
4.3 Resultados e discussões	77
4.3.1 Análise do Processo de Classificação e Detecção de Mudança no GEE	77
4.3.2 Avaliação do Mapeamento com GEE	78
4.3.3 Análise Espacial e descritiva das Áreas com Mudança na Cobertura do Terra com	

GEE	84
4.4 Considerações Finais	88
V - VALIDAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO USO, NAS ÁREAS DE MUDANÇA, DETECTADAS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO ENTRE 2010 E 2015.....	90
5.1 Introdução.....	90
5.2 Metodologia.....	92
5.3 Resultados e Discussões.....	96
5.3.1 Análise Quantitativa.....	98
5.3.2 Análise Qualitativa.....	104
5.3.3 Análises no mapeamento do IPP.....	104
5.3.4 Validação e Caracterização das Áreas de Mudança Oriundas do Mapeamento GEOBIA com a Áreas de Referência do IPP	106
5.3.5 Validação entre as áreas de Mudança do Mapeamento IPP e a Plataforma GEE.....	119
5.3.6 Comparação entre os métodos GEOBIA e GEE para a detecção de mudanças em áreas urbanas	120
5.4 Considerações Finais.....	122
VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA	123
VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
Anexo I – Tabela de Referência do Estudo da Arte	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de Estudo	17
Figura 2: IDH - Município do Rio de Janeiro - evolução entre 1991 e 2010.....	19
Figura 3: Fluxograma geral da metodologia	21
Figura 4: (A) cobertura floresta, (B) perda e (C) ganho. Legenda de cores: cobertura de floresta em verde, perda de floresta em vermelho, ganho de floresta em azul, perda e ganho simultâneo em rosa.	41
Figura 5: Plataforma GEE.....	43
Figura 6: Fluxograma Metodológico Etapa 1 – Mapeamento GEOBIA e Detecção de mudança com imagens da série Landsat.....	47
Figura 7: Árvore hierárquica utilizada na modelagem do conhecimento.....	51
Figura 8: Mapa de mudança das áreas construída de 2000 a 2010.	53
Figura 9: Mapa temático de percepção da mudança no período de 2000 a 2015.....	56
Figura 10: Imagem representativa dos pontos usados para a validação do mapa temático.....	57
Figura 11: Exemplos de mudança em Ramos e no Fundão	59
Figura 12: Exemplo de mudança em Cordovil	60
Figura 13: Exemplo de mudança em Barros Filho.....	61
Figura 14: Imagem do Street View de Barros Filho	61
Figura 15: Mudanças no Recreio dos Bandeirantes	62
Figura 16: Imagem do Google Earth a respeito de uma das áreas de mudança	63
Figura 17: Percepção da mudança na implantação do BRT.....	64
Figura 18: Apresentação web do GEE.....	70
Figura 19: Fluxograma metodológico para a detecção de mudança com GEE.....	71
Figura 20: Código em JavaScript para a inserção de imagens Landsat no projeto	72
Figura 21: Dados da imagem 2005	73
Figura 22: Código para a composição colorida imagens landsat 2005	74
Figura 23: Imagens landsat 2005 na plataforma GEE.....	74
Figura 24: Implementação de descritores para a classificação (NDVIE NDBI).....	75
Figura 25: Sequencia para a unificação de classes (amostras).....	75
Figura 26: Código para a implementação da classificação	76
Figura 27: Detalhamento do processo de comparação entre os mapeamentos utilizando o "Combine"	77
Figura 28: Distribuição de amostras pela cena, no ano de 2005	78
Figura 29: Demonstração da classificação obtida para o ano de 2005.....	79
Figura 30: Árvore de decisão do minerador de dados.....	79
Figura 31: Classificação de áreas urbanas em 2000.....	80
Figura 32: Classificação de áreas urbanas em 2005	80
Figura 33: Classificação de áreas urbanas em 2010.....	81
Figura 34: Classificação de áreas urbanas em 2015	81
Figura 35: Mapa Temático produto da classificação na plataforma GEE, apontando a idade do Urbano.....	82
Figura 36: Fluxograma metodológico para validação e caracterização das áreas de mudança no município do Rio de Janeiro entre 2004 e 2015	92
Figura 37: Exemplificação da função "Combine".....	95
Figura 38: Mapeamento das áreas de mudança no período entre 2004/2005 e 2010.....	97
Figura 39: Mapeamento das áreas de mudança no período entre 2010 e 2015.....	98
Figura 40: Áreas de mudança no entorno do BRT.....	101
Figura 41: Área de mudança no entorno das vias Ferroviárias	102
Figura 42: Comparação dos gráficos das análises de mudança relativas as AP's - 2000 - 2005	108
Figura 43: Comparação dos gráficos das análises de mudança relativas as AP's - 2005 - 2010....	109

Figura 44: Comparação dos gráficos das análises de mudança relativas as AP's - 2010 - 2015.... 110

Figura 45: Comparação do contorno das áreas identificadas entre as técnicas GEE e GEOBIA .. 121

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Validação da normalização para os alvos de vegetação.....	52
Gráfico 2: Validação da normalização para os alvos de urbano.....	52
Gráfico 3: Área em Km ² de mudança de alguns bairros que se destacaram	54
Gráfico 4: Cruzamento dos mapeamentos de 2000 e 2005	85
Gráfico 5: Cruzamento dos mapeamentos de 2005 e 2010	85
Gráfico 6: Cruzamento dos mapeamentos de 2010 e 2015	86
Gráfico 7: Área em Km ² de mudança de alguns bairros que se destacaram.....	99
Gráfico 8: Relação entre mudança e população	103
Gráfico 9: Mudanças de Uso em áreas de mudança de cobertura na AP 1(2004 - 2010)	112
Gráfico 10: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP2 (2004 - 2010).....	113
Gráfico 11: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP3 (2004 - 2010)	114
Gráfico 12: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP4 (2004 - 2010).....	115
Gráfico 13: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP5 (2004 - 2010)	115
Gráfico 14: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP2 (2010 - 2015).....	116
Gráfico 15: Mudança de Uso dentro das áreas de sem mudança da AP2 (2010 - 2015).....	117
Gráfico 16: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP3 (2010 - 2015)	117
Gráfico 17: Mudança de Uso dentro das áreas de sem mudança da AP3 (2010 - 2015).....	118
Gráfico 18: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP4 (2010 - 2015).....	118
Gráfico 19: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP5 (2010 - 2015).....	119

Tabela 1: análise geral do crescimento econômico do Brasil.....	20
Tabela 2: Detalhamento das Imagens utilizadas	48
Tabela 3: Detalhamento dos descritores dos anos 2000, 2005 e 2010	55
Tabela 4: Cálculo do índice Kappa	58
Tabela 5: detalhamento da legenda	82
Tabela 6: Índice Kappa para o mapeamento de 2000	83
Tabela 7: Índice Kappa para o mapeamento de 2010	83
Tabela 8: Índice Kappa para o mapeamento de 2015	83
Tabela 9: Índice Kappa para o mapeamento de 2015	84
Tabela 10: Cruzamento dos mapeamentos de 2000 e 2005	87
Tabela 11: Cruzamento dos mapeamentos de 2005 e 2010	87
Tabela 12: Mapeamento de referência grupo áreas urbanizadas.....	94
Tabela 13: Mapeamento de referência grupo áreas não urbanizadas	94
Tabela 14: validação e comparação de áreas com mudança Landsat e IPP	99
Tabela 15: Relação de mudança no entorno de vias de transporte.....	100
Tabela 16: Relação das mudanças do IPP por período	105
Tabela 17: Comparação dos mapeamentos GEOBIA e GEE.....	107
Tabela 18: Relação das mudanças do Capítulo 1 com as áreas do IPP	111
Tabela 19: Comparação da cobertura do GEE com IPP (2004 – 2010).....	119
Tabela 20: Comparação da cobertura do GEE com IPP (2004 – 2010).....	120

I - INTRODUÇÃO

A delimitação as áreas urbanas é uma necessidade com demanda crescente da sociedade e outros atores. Nesse sentido, há uma busca pela compreensão sobre a dinâmica de expansão das cidades, visando a realização de um planejamento urbano e ambiental mais adequados, com vistas à preservação e segurança da população. Segundo o IBGE (2015), a preocupação com o crescimento urbano e a expansão das cidades se mostra em escala global explicitada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, em especial o ODS 11, estabelecidos pelas Nações Unidas, e na III Conferência das Nações Unidas sobre Moradia e Desenvolvimento Urbano Sustentável - Habitat III. Dentro desse contexto, espera-se que a adoção de informações geográficas possa subsidiar o planejamento e a gestão urbana fomentando o crescimento sustentável das cidades. Com isso haveria o fortalecimento da relação dos núcleos urbanos e das zonas periurbanas e rurais, mantendo-se a preservação do meio ambiente e dos patrimônios cultural e natural.

Além do mapeamento base com delimitação das áreas urbanas, é importante observar as mudanças em curso e efetivadas na cobertura da terra. O uso de geotecnologias na geração de mapas e bases para a análise espacial de áreas urbanas se apresenta como importante aliado nessa perspectiva apresentada.

As técnicas consolidadas de mapeamento passam a adotar novas formas de conhecimento considerando a modelagem de dados *Geographic Object - Based Image Analysis* (GEOBIA). Para isso, é preciso entender a diferença entre imagem e mapa. Onde imagens não são mapas, não possuem legendas sendo consideradas polissêmicas. Os mapas por sua vez são polissêmicos, sendo importante pensar nas legendas, tamanho de áreas, complexidade do mapeamento que se quer alcançar. Pois ambos os dados podem ser utilizados dentro do contexto de classificação pelo método GEOBIA

Diferentes métodos de classificação de imagens geram diferentes resultados de mapeamento. A validação se faz importante, bem como, investir em processos alternativos para minimizar tempo e custo, mantendo-se a qualidade dos resultados que se deseja alcançar. É nesse contexto que se observa o potencial crescente da computação na nuvem para a realização de mapeamentos em menor tempo e com menor custo para o usuário final. Essa premissa traz para os especialistas em análise urbana, a possibilidade de gerar mapas

e análises de mudança em menor tempo, com maior lapso temporal e menor custo. Esses produtos podem se configurar como insumos para a classificação e ordenamento territorial, servindo como possíveis fios condutores para uma visão nacional da questão urbana.

De uma forma geral, as geotecnologias são importantes vetores na geração de dados sobre áreas urbanas. A análise temporal e a possibilidade de identificar mudanças (especialmente da cobertura) se mostra como importante fator de análise do espaço urbano.

A Geografia enquanto ciência que estuda e interpreta a distribuição de fenômenos e a integração no espaço, vê nas geotecnologias um importante vetor de análise e interpretação do espaço urbano. O uso de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento está presente em diferentes pesquisas pelo Brasil, como Souza (2009), Carvalho (2013), Dal'Asta (2015), e no mundo, como Blaschke (2015), Streutker (2010), Myeong (2005), dentre outros. Esses autores claramente apontam o potencial das geotecnologias em diversas etapas de análise nas suas respectivas pesquisas. Os estudos para a detecção de mudanças a partir de imagens de satélite permitem enfatizar áreas com alterações na cobertura do solo e expor peculiaridades e padrões importantes para uma boa administração das cidades. Silva (1997) expõe que ao se discutir políticas e desenvolvimento urbano, privilegia-se a análise da produção e do consumo e a gestão do espaço urbano. Estes aspectos têm sido abordados por diferentes segmentos da sociedade, originando diferentes formas políticas que devem eclodir na reforma urbana. Pode-se, a partir da caracterização do espaço urbano, identificar áreas com maior ou menor aporte de investimentos públicos e/ou privados, perfil populacional, e mesmo necessidades emergentes na infraestrutura urbana.

No Rio de Janeiro é possível observar áreas em consolidação e áreas já consolidadas, oriundas do processo de produção e/ou transformação do espaço na cidade. Muitos investimentos foram direcionados para áreas específicas da cidade, a partir da indicação da mesma como sede de eventos desportivos (Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas e Paraolimpíadas de 2016). Analisar a dinâmica instalada e em curso exige inicialmente identificar no tempo onde as mudanças ocorreram, e se há um padrão de distribuição espacial para entender essa mudança.

Então, sabendo das existências de inúmeras obras devido aos eventos ocorridos na

cidade, houveram grandes mudanças na cobertura da terra no município do Rio de Janeiro concentradas no período entre 2000 e 2015, sendo a escolha do recorte temporal da presente pesquisa, que têm por característica mudanças na infraestrutura urbana, visando os grandes eventos desportivos previstos para ocorrer na cidade.

A redação da presente pesquisa está dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo traz a introdução, objetivos, área de estudo e metodologia geral da pesquisa. O segundo capítulo aborda a discussão conceitual sobre temas relevantes e métodos adotados esclarecendo conexões, abrindo o diálogo sobre novas perspectivas de análise do espaço urbano.

O terceiro capítulo discute, de forma mais aprofundada, a metodologia para o mapeamento e detecção de mudanças como técnica GEOBIA, utilizando o sensor Landsat como insumo principal e de fácil acesso. No quarto capítulo são apresentadas as técnicas e resultados para a detecção de mudanças com uso da plataforma Google Earth Engine - GEE, que vem se apresentando como uma potencial ferramenta de análise espacial, com uso de Big Data e computação na nuvem.

Finalmente no capítulo cinco, as áreas com mudança identificadas pelo método clássico (GEOBIA) a partir de imagens Landsat, são caracterizadas quanto ao uso e cobertura e os resultados obtidos entre as diferentes técnicas de mapeamento e detecção são comparados. No capítulo seis são apresentadas as considerações finais e discussão geral sobre o trabalho, com apontamentos de continuidade e necessários aprofundamentos futuros.

Para isso, a presente pesquisa inicia com uma breve discussão teórica de conceitos e temas relevantes para a pesquisa (e para a Geografia) relativos à análise do espaço urbano, mapeamento e detecção de mudanças, bem como, a computação na nuvem e a plataforma Google Earth Engine. Destaca-se aqui os aspectos principais, técnicas já consolidadas e o potencial do novo instrumental que se apresenta.

1.1 - Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar e caracterizar as mudanças na cobertura da terra utilizando GEOBIA e computação na nuvem através do GEE, no município do Rio de Janeiro, entre 2000 e 2015.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar as mudanças na área urbana do Rio de Janeiro com o intervalo de 5 anos, num período de 15 anos, entre 2000 e 2015, utilizando modelagem de conhecimento (GEOBIA).
- Identificar as mudanças na área urbana do Rio de Janeiro com o intervalo de 5 anos, num período de 15 anos, entre 2000 e 2015, utilizando a plataforma Google Earth Engine – GEE.
- Caracterizar os resultados obtidos pelas diferentes técnicas de mapeamento (GEOBIA e GEE) visando a detecção de mudanças em áreas urbanas, bem como, caracterizar as áreas de mudança encontradas considerando o uso do solo e cobertura da terra de referência (IPP).

1.2 - Motivações e Justificativa

O crescimento da mancha urbana, no âmbito da expansão das construções da cidade, tem sido alvo de grande interesse. Visto que é algo que influencia diretamente na caracterização da população e dos fluxos que as seguem. Além de seu entendimento ser de suma importância para a gestão, de maneira mais holística, do meio ambiente em sua totalidade.

Para isso, se faz necessário o entendimento do urbano enquanto fenômeno que se mostra dinâmico em diversos aspectos. Sua manifestação se dá de forma variada, despertando assim o interesse de se estudar suas influências no município do Rio de Janeiro.

Com os avanços tecnológicos das técnicas e análises espaciais, a percepção do

crescimento e da espacialidade urbana no Rio de Janeiro mostrou-se de forma peculiar, dito por muitos como desordenada, porém característico de um crescimento rápido e urgente de uma capital que recebeu por muitos anos imigrantes de diversas regiões do país, onde foi capital do país por aproximadamente 200 anos, e sempre teve grandes visibilidades nacionais e internacionais.

Frente a isso, é de extrema importância estudar a configuração e dinâmica na cidade, o crescimento e alterações na cobertura, como forma de apoio ao crescimento e planejamento consciente.

1.3 - Área de estudo

A área de estudo escolhida para o desenvolvimento da presente pesquisa é o município do Rio de Janeiro, localizado no estado de mesmo nome e presente na região Sudeste do Brasil. Situa-se nas coordenadas 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste. A Figura 1 destaca a localização da área de estudo.



Figura 1: Área de Estudo

Segundo o Instituto Pereira Passos – IPP, a área do município do Rio de Janeiro é de

1.255,3 Km², incluindo as ilhas e as águas continentais. O município encontra-se dividido em 23 Regiões Administrativas com 161 bairros e 05 Áreas de Planejamento - AP.

O relevo da cidade do Rio de Janeiro integra o sistema que compõe a Serra do Mar, recoberto pela floresta da Mata Atlântica. Há uma importante representatividade topográfica com grandes maciços costeiros, presença de mata de baixada, restingas e manguezais. O maior rio é o Cabuçu ou Piraquê que deságua na Baía de Sepetiba após um percurso de 22km. O Rio Carioca também se destaca pelo uso no abastecimento da população, bem como o Rio Cachoeira, visivelmente presente na Floresta da Tijuca. Não se pode deixar de mencionar o Rio Guandu, originário de município vizinho, mas representando o curso d'água de maior importância para o abastecimento da cidade.

A cidade possui poucas lagoas, pequenas e costeiras, sendo a Lagoa Rodrigo de Freitas a mais icônica e conhecida.

A extensão do litoral possui aproximadamente 246,22km com três setores marcantes: Baía de Guanabara, Oceano Atlântico e a Baía de Sepetiba.

O clima é do tipo tropical, quente e úmido, com variações locais, devido às diferenças de altitude, vegetação e proximidade do oceano; a temperatura média anual é de 22° centígrados, com médias diárias elevadas no verão (de 30° a 32°); as chuvas variam de 1.200 a 1.800 mm anuais.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a população do Rio de Janeiro em 2010, era de 6.320.446 habitantes com densidade populacional estimada em 5.265,81 habitantes por km². Em 2016 havia uma estimativa populacional de 6.498.837 pessoas.

O Rio de Janeiro é uma cidade de fortes contrastes econômicos e sociais, apresentando grandes disparidades entre ricos e pobres. Considerando o Índice de Desenvolvimento Humano por Município, que considera as variáveis de renda, longevidade e educação, temos

a evolução apresentada na Figura 2.

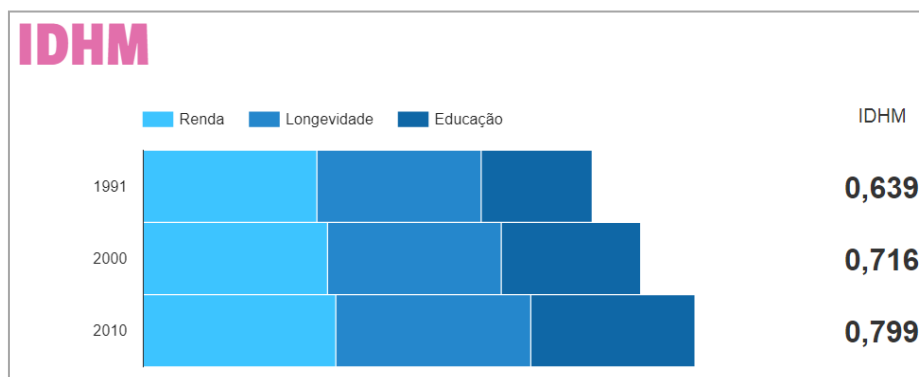


Figura 1: IDH - Município do Rio de Janeiro

Percebe-se que o IDHM tem aumentado de forma gradativa no município permitindo identificar um aumento efetivo na renda da população. Assim como o aumento da taxa de longevidade, ou seja, teve um aumento do envelhecimento da população. Até mesmo o nível educacional melhorou.

Porém, mesmo com o aumento do IDHM, e embora seja uma das principais metrópoles do mundo, aproximadamente 22% de sua população (segundo o censo de 2010) vive em aglomerados subnormais que se instalam principalmente sobre os grandes maciços, ou em mangues aterrados como no Complexo de Manguinhos. Um aspecto original desses aglomerados é a proximidade aos locais mais valorizados da cidade, simbolizando a forte desigualdade social, característica do Brasil.

Outro aspecto importante a se considerar sobre a distribuição da população e o seu deslocamento refere-se a geomorfologia do estado, a figura 3 destaca a altitude da cidade. Segundo Correa (2014), o núcleo urbano do Rio de Janeiro localizado junto ao imite litorâneo é determinante para a disposição de serviços e ações dos agentes modeladores do espaço. As trocas comerciais envolvendo mudanças dos meios de transporte, canalização e alteração da infraestrutura das águas litorâneas e do interior, ações de pesca e lazer, retratam uma posição privilegiada para a localização da cidade.



Figura 2: Mapa temático de topografia do Rio de Janeiro

Fonte: <http://pt-br.topographic-map.com/places/Rio-de-Janeiro-7883764/>

O município do Rio de Janeiro passou por diversas transformações e obras no período estudado. Modificações em sua paisagem como as obras do Porto Maravilha, os parques olímpicos e vilas olímpicas instaladas visando os jogos que ocorreriam no Rio em

2016, mudanças na rede de transporte com a implementação do BRT, áreas instaladas para acesso da população como o Parque de Madureira, área industrial ganhando relevância com a instalação da empresa Thyssenkrupp CSA em Santa Cruz e o Parque Tecnológico na cidade universitária.

A mobilidade populacional foi se reajustando de acordo com a nova configuração espacial do município. Novas áreas começaram a receber visitas, e novas rotas foram sendo adotadas. A população se adaptou as alterações no território.

O Rio de Janeiro se mantém inserido num contexto nacional economicamente. Sendo uma capital extremamente visada por ser uma das maiores metrópoles do Brasil, possui um grande cunho turístico, e econômico. Então a crise econômica e política que o país tem vivenciado, interfere diretamente no crescimento da cidade.

Segundo Tadeu (2015), o crescimento econômico para um período de 1996 – 2014 e anos futuros está comprometido, com declínio da produtividade, sendo algo muito representativo para o Brasil, conforme dados da Tabela 01.

Quadro 1: Análise geral do crescimento econômico do Brasil

Dados 1996-2014	Tendência
PIB	Crescimento Estável
FBKF ¹	Queda
Impostos	Crescimento
Taxas de Juros	Crescimento
Câmbio	Crescimento
Consumo das Famílias	Crescimento
Produtividade	Queda

Fonte: Tadeu (2015)

Então, temos uma capital com o PIB estável, com queda da produtividade econômica, aumento de imposto, taxas de juros, e consumo familiar.

1.4 - Metodologia Geral

Com o intuito de atender os objetivos apresentados, a presente pesquisa segue a

¹ Formação Bruta de Capital Fixo; ² Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro.

metodologia apresentada na Figura 4.

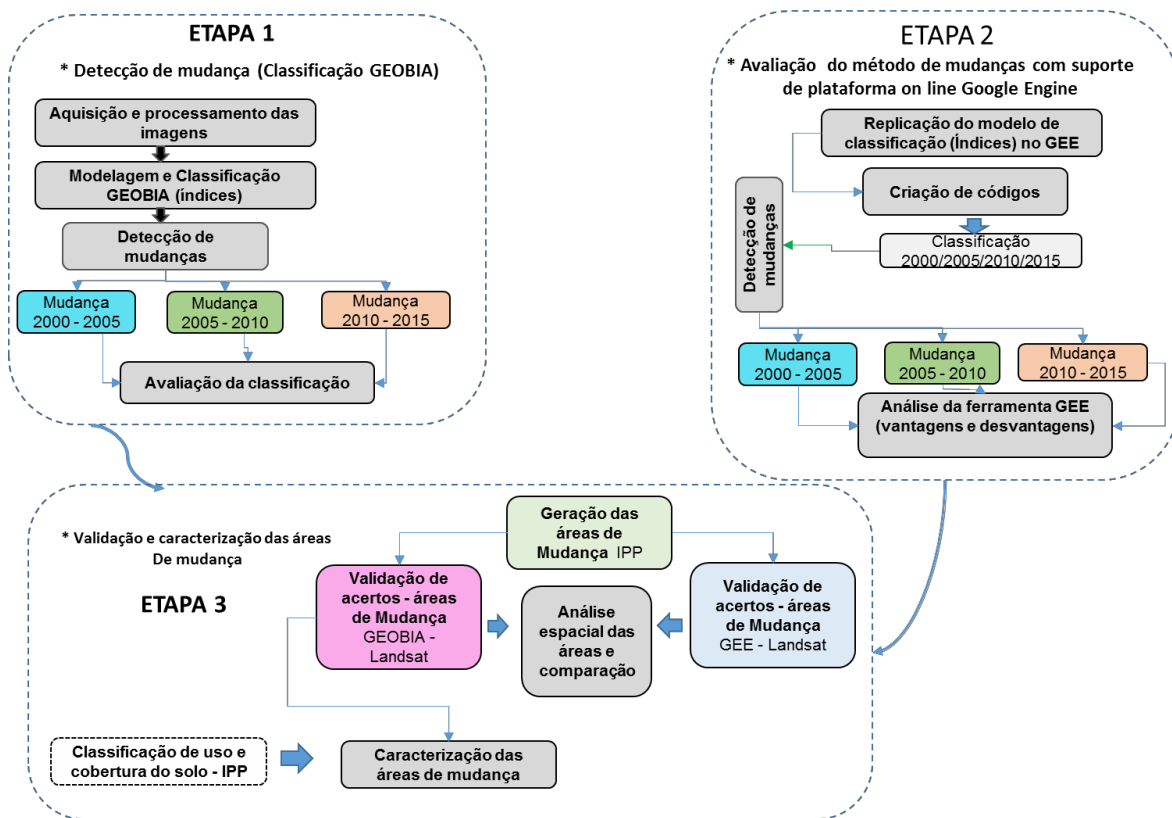


Figura 4: Fluxograma geral da metodologia

Na Etapa 1 buscou-se identificar as áreas de mudança na cobertura da terra a partir da técnica de classificação GEOBIA com uso de imagens da série Landsat. Foram selecionadas 4 cenas do satélite Landsat, uma para cada cinco anos, com recobrimento temporal previamente estabelecido entre 2000 e 2015. As imagens passaram pelo pré-processamento necessário, onde foram feitos os seguintes ajustes: correção atmosférica, análise geométrica e normalização radiométrica. Posteriormente foi realizada a classificação com base na modelagem do conhecimento, identificando as áreas de mudança, para os períodos em que elas ocorreram.

Na Etapa 2 foi utilizada a plataforma do Google Earth Engine (GEE) para detectar a mudança na área de estudo. O processamento foi realizado via web, avaliando e testando as vantagens e desvantagens de se usar a plataforma GEE. Seu uso é justificado pela plataforma inovadora, com diversos recursos disponíveis, que em uso conjunto pode revelar novos tipos de análises. Como destacado no sítio do próprio aplicativo, o GEE armazena petabytes de

dados de satélite e permite que ferramentas de alto desempenho analisem e interpretem essas informações, que podem ser visualizadas em um mapa, desde mudanças da floresta tropical na Amazônia até os recursos hídricos no Congo (Earth Engine)

A Etapa 3 utiliza os mapeamentos disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos (IPP), para validar o percentual de acertos e erros das áreas de mudança geradas pela técnica de classificação GEOBIA e na plataforma GEE. E ainda, caracteriza as áreas de mudança identificando o uso e cobertura em cada período.

Dado o exposto, é necessário se discutir alguns conceitos importantes para a pesquisa. Que levam à melhor compreensão do objeto de análise e suas particularidades.

II - REVISÃO TEÓRICA CONCEITUAL

2.1 - A Cidade e o Espaço Urbano: Conceitos e Correlações

Pensar na cidade e no espaço urbano, é preciso refletir sobre os agentes que os formam. Segundo Correa (2016), “a produção do espaço, seja o da rede urbana, seja o intraurbano, não é o resultado da “mão invisível do mercado”, nem de um Estado hegeliano, visto como entidade supra orgânica, ou de um capital abstrato que emerge de fora das relações sociais. É consequência de ações dos agentes sociais concretos, históricos, dotados de interesses, estratégias e práticas espaciais próprias, portadores de contradições e geradores de conflitos entre eles mesmos e com outros segmentos da sociedade.”

Em outras palavras, o espaço urbano é produzido por fatores dinâmicos, estando em constante alterações e reorganizações, em função dos agentes sociais que o transforma. Por isso é um objeto de estudo importante justamente por suas peculiaridades. Alvo de interesse e pesquisa para a academia e para sociedade, pois o estudo de suas transformações e especificidades colabora para um melhor entendimento das relações sociais no contexto encontrado. O que não só complementa, mas é imprescindível para qualquer ação num recorte do espacial que almeje uma abordagem holística no meio ambiente.

Além disso, para Corrêa (1989) o espaço urbano é fragmentado, articulado, reflexo e condicionante da sociedade, e sendo onde as classes se proliferam, envolve a cultura da sociedade, assumindo ainda um aspecto simbólico. Ora, toda essa conectividade reflete em si um caráter histórico local, e projeta o futuro da cidade, pois as tomadas de decisões do poder político é diretamente influenciado por toda essa relação do urbano com a cidade.

Essa pesquisa se propõe a estudar o espaço urbano, suas características e peculiaridades. Para que isso seja dado de forma eficaz, é preciso resgatar alguns conceitos, principalmente os que são discutidos de forma ampla nos estudos geográficos, relacionados ao espaço, região, território e lugar. E mais, para que as transformações observadas e sua consecutiva discussão, esteja em conformidade com as discussões no âmbito da geografia urbana. Ramo da ciência geográfica já à tempos solidificada e onde

esse estudo se insere.

“Talvez devêssemos introduzir aqui uma distinção entre a cidade, realidade presente, imediata, dado prático-sensível, arquitetônico – e por outro lado o urbano, realidade social, composta de relações a serem concebidas, construídas ou reconstruídas pelo pensamento.” (Lefebvre, 2001).

E esse trabalho apresenta como premissa a definição do Milton Santos (2013), onde o urbano é visto como o abstrato, o geral, o externo, e a cidade como o particular, o concreto, o interno. Entendendo o espaço como um conjunto indissociável entre um sistema de objetos e um sistema de ações. Ambos se relacionam, se constroem mutuamente e se completam. De forma mais clara, pode-se associar que a cidade é algo que se pode ver, contemplar, tocar. Possui uma forma física, concreta, constituída de materiais, com limites territoriais. Por outro lado, o conceito de urbano pode e deve representar as relações, os movimentos, os fluxos, as organizações, e todo o contexto social que se configura.

Segundo Lefebvre (2001), no seu livro “O direito a cidade”, o Urbanismo como ideologia formula todos os problemas da sociedade e sua relação com o espaço, e transpõe para termos espaciais tudo que provém da história, da consciência. Ele estuda a cidade e o urbano, o lado físico e o vínculo nele estabelecido. Existe uma razão para se diferenciar a morfologia material e a morfologia social, apesar de ambas estarem conectadas, em certas ocasiões, estudá-las separadamente permite uma melhor compreensão de ambas, apesar de tamanha complexidade.

Ou seja, ele deixa claro que é preciso diferenciar a morfologia social da morfologia material. Até porque, acredita-se que o social interfere diretamente na forma, a partir de tomadas de decisões, investimentos, valorização de determinadas áreas, movimentos sociais, entre outros fatores.

De acordo com Abreu (1998), a cidade é uma das aderências que ligam os indivíduos, famílias, grupos sociais, e etc. e essa conectividade que permite que as memórias perpetuem através do tempo. E ainda, a cidade não é coletivo de vivência homogênea, sendo necessário considerar as diferenças internas de cada cidade. Há

particularidades históricas, com lógica de formação e planejamento do urbano, embora em alguns aspectos algumas cidades possam apresentar semelhanças.

Ora, se o que se pretende analisar é uma determinada cidade, é preciso conhecer o que a movimenta, suas funções internas, que irão influenciar diretamente as formas e configuração espacial. Nesse sentido é importante identificar as mudanças em curso para um pleno entendimento das relações. Nesse caso se quer destacar tanto as mudanças estruturais como aqueles presentes nas relações sociais, comerciais e financeiras. Dentre os combustíveis de transformação da cidade estão: a população, as instituições, e os investimentos (principalmente os direcionados à sua infraestrutura).

Silva (1997) coloca que a cidade se firma com a permanência da humanidade. A cidade tem sua totalidade constituída por partes efêmeras que se constroem, destroem e se refazem. Portanto, ela é um grande conjunto de fazer e desfazer: construções, demolições, reformas, templos, feiras, palácios, favelas, monumentos, caminhos, ruas, ruelas, vias, avenidas, letreiros, acrílico, neon, vidro, asfalto, chuvas, enchentes, desabamento, desmatamento. Pode-se dizer que essa totalidade representa a cobertura da terra. Assim, Silva (1997) reforça a ideia da dinamicidade da cidade, onde cada evento que ocorre, influencia na organização e reorganização espacial, na construção e reconstrução de novos espaços.

Ribeiro (2016) destaca que as cidades resultam de aglomerações humanas e de sua ação direta. Não devem ser vistas apenas como um complexo sistema de técnicas que permitem construir vias e edifícios. A cidade só ganha sentido com a presença humana, configurando como a principal razão de existência das cidades o abrigo de seres humanos. Com isso, admite-se que sem o aspecto humano a cidade está fadada a estagnação ou retrocesso, pois são as relações humanas há o combustível para a mudança. O interesse pela relação entre as ações humanas e a cidade retrata e justifica a importância do avanço em pesquisas sobre o espaço urbano em transformação. Olhar para a cidade é refletir sobre sua acessibilidade, valorização imobiliária, turismo, visibilidade, representações sociais, locais de manifestação política, movimentações econômicas e outros. Pensar na cidade dentro do contexto urbano é pensar na cultura, nos movimentos sociais, na rotina da população, esses e outros fatores geram fluxos, mobilidades, e evidencia a cidade.

A estrutura social está presente na cidade, é aí que ela se torna sensível, é aí que significa uma ordem (Lefebvre, 2001). Pensar a configuração urbana animada pela vida da cidade implica refletir a forma como ela se estabelece no território, como se insere numa trama de relações com intensidades e direções variadas (Silva, 1997).

Nesse contexto, ressalta-se os diferentes níveis de atuação e intensidade que um agente pode ter sobre a cidade. Sua ordenação hierárquica tem um sentido, um porquê, um contexto que precisa ser estudado, os fatores que a influenciam para que seu arranjo seja como é na morfologia material encontrada.

Entendendo a cidade como uma estrutura complexa resultante da sociedade, e o urbano as relações entre sociais que interfere diretamente na formação espacial do território. O desenho urbano se torna revelador dessa configuração, permite visualizar totalidade ou fragmentação na estrutura da cidade (Silva, 1997).

É fato que diferenciar cidade do urbano exige uma atenção especial devido seu alto nível de complexidade e conectividades entre si. Pois a forma se dá como resultado de ações, e tomadas de decisões. Então, propõe-se avaliar a cidade como uma estrutura física, altamente dinâmica e influenciada por diversos motivos, sobretudo pela ação humana, e o urbano ser estudado como o fenômeno que permite a caracterização local a partir das influências e interferências humanas.

Segundo Gomes (2002) o espaço geográfico possui três características importantes que o compõe. Representa sempre uma extensão fisicamente constituída, concreta, material e substantiva, ou seja, o ambiente físico propriamente dito. Em segundo lugar é a dialético entre a disposição das coisas e as ações e práticas sociais, sendo assim a população está diretamente relacionada com a construção do espaço geográfico. Finalmente representa coerência e lógica da disposição dos materiais que compõe o espaço. Entender o espaço exige cautela, pois além de complexo exige a compreensão de diversas variáveis com particularidades próprias como: estrutura, fluxo, ações e práticas sociais, entre outros. Com isso, [...] a análise espacial deve ser concebida como um diálogo permanente entre a morfologia e as práticas sociais ou comportamentos (Gomes, 2002)".

Dialogando com essa linha de pensamento sobre o espaço, Santos (2013) explicita a noção de espaço, considerando-o como algo dinâmico e unitário, onde se reúnem

materialidade e ação humana. O espaço seria o conjunto indissociável de sistemas de objetos, naturais ou fabricados, e de sistema de ações, deliberadas ou não. A cada época, novos objetos e novas ações vem juntar-se às outras, modificando o todo, tanto formal quanto substancialmente.

Com uma perspectiva um pouco diferenciada, Corrêa (1989) traz em sua definição de espaço aspectos importantes e de certa forma práticos e complexos. O espaço urbano é definido como uma cidade capitalista, com diferentes usos da terra, interligados entre si, podendo ser visto de diferentes formas espaciais. É o resultado de ações no tempo, sendo assim, um produto social que está em constante reorganização espacial.

Ao aprofundar a análise sobre o conceito específico do espaço urbano, tem-se diversas formas de uso da cobertura terrestre, que definem áreas como: o centro da cidade, locais de concentração industrial, comércio, de lazer, áreas domiciliares, entre outros tipos. Essa diversificação de uso do solo representa o espaço urbano fragmentado. Essa fragmentação é heterogênea, o que constitui mais uma característica do espaço urbano. Essa disparidade é claramente vista na área de estudo. Observa-se áreas extremamente ricas ao lado de áreas extremamente pobres, sobretudo na zona sul da cidade do Rio de Janeiro, onde há comunidades ao lado de bairros nobres (como exemplo, Vidigal entre o Leblon e São Conrado).

Quando se pensa no espaço urbano e em suas características e funções, é possível ver as ações, movimentos e fluxos migratórios, fluxos de capitais, entre diversas outras atividades, que fornecem valor e a unicidade na cidade.

Aqui se faz necessário o entendimento da relação existente entre: espaço, lugar, território e região. Para Tuan (1983), espaço e lugar são termos complementares: o que começa como espaço indiferente acaba assumindo a configuração de lugar, ao haver um conhecimento e o dotação de valor. Além da apropriação de valor ao lugar tem-se a perspectiva do território enquanto conceito paralelo ao espaço. O território carrega em si um caráter político de poder. “Na geografia tradicional, o território surge como uma determinada porção da superfície terrestre que é apropriada e ocupada por um grupo humano, como um espaço concreto em si (com seus atributos naturais e sociais), (...) haja vista que a ideia de território se restringe às áreas que são objeto de atuação direta das pessoas (...)” (Cabral, 2008).

Para Cabral (2008) o conceito geográfico de território obedece tanto a perspectivas analíticas mais rígidas e simplistas, que se restringem à apropriação do espaço por grupos humanos ou privilegiam o poder em termos de Estado-nação.

De acordo com Cunha (2000) é extremamente válido estudar uma porção do espaço geográfico, agregando a ela a dimensão política, sendo essa forma a melhor tradução do conceito de território. Sobretudo se visa estudar as bases sócio espaciais, visando a formulação de políticas públicas que venham a modificar as comunidades geradoras de transformação do espaço urbano. Ou seja, entende-se a importância desse conceito para estudos urbanos, pois cada articulação, tomada de decisão e consequente modificação, traz um poder político atuando diretamente no espaço, visto então como território para grupos específicos.

Sabendo que o território possui esse caráter político, cada área de poder político diferente vai possuir características peculiares similares entre si, configurando uma região. Para Lisboa o processo de regionalização é o que dá origem às regiões. Dessa forma, secciona-se o espaço geográfico em partes que apresentam internamente características semelhantes. Os elementos internos de uma região não são idênticos, mas quando comparados aos elementos de outra região se percebe certa homogeneidade interna. Dessa forma, estudar o urbano, requer estudar regiões, estudar características internas e externas de um determinado espaço.

Dado o exposto, observa-se a importância de cada conceito e o paralelismo com a noção de espaço urbano e a cidade. Sem diminuir a complexidade de cada um apresentado, porém de forma simplista, o espaço geográfico, constitui-se no ambiente físico e nos materiais que o constituem, bem como nas ações nele presentes. Tem-se aqui a agregação de valores particulares do indivíduo ou da sociedade (constituindo um lugar); quando envolve poderes políticos então trata-se de um território; e por fim, quando agrupados por similaridades tem-se uma região. Todos os conceitos partem da premissa de um arcabouço único pautado no espaço geográfico. Daí em diante tem-se a análise do espaço urbano em particular.

A cidade deve ser vista como a morfologia ou matéria, e o urbano a morfologia social. Ambos então interligados e os conceitos: espaço geográfico, lugar, território e região, se conectam e fomentam a visão urbana. Pois no espaço geográfico, os valores e sentimentos

geram a ideia de lugar; o poder político atribuí o território; as semelhanças internas dão origem a uma região. Todos podem ser retratados pela cidade, e influenciados pela dinâmica urbana.

Por fim, cabe uma breve discussão sobre os conceitos: antrópico, cidade, espaço urbano e município.

Devemos iniciar destacando a visão ecológica do conceito “antrópico”. Uma ocupação antrópica é a ocupação de zonas terrestres pelo Homem geralmente oriunda de exploração, para alimentar as necessidades e/ou atividades específicas com recursos naturais. O resultado dessa ocupação geralmente se traduz em pressão ou impacto ambiental que podem exceder a capacidade de suporte e de regeneração dos ecossistemas e gerar desequilíbrio. O crescimento intenso populacional faz aumentar a ocupação antrópica, que se traduz numa pressão excessiva e não planejada sob os subsistemas terrestres.

A palavra cidade oriunda do latim “civitate”, termo muito próximo de “civitas” que dá origem as palavras cidadão e civilização. A palavra urbana, por sua vez surge do latim “urbs”, que igualmente significa cidade. O termo grego “polis”, cidade e “politikos”, da cidade, originam o termo “política” como se conhece. Finalmente a noção de aglomerado vem do latim “glomus, glomero” e significa bola ou fazer em bola (LACOSTE, 2005).

As definições de cidade variam no tempo, conforme o contexto histórico e social a adquirirem significado variados conforme o autor que se associam. David Harvey (1973), considera a cidade como um “[...] sistema dinâmico complexo no qual a forma espacial e o processo social estão em contínua interação”. Jean Bastié e Bernard Dezert (1980) indicam que o termo cidade deveria ser substituído por “espaço urbano”, por retratar “um espaço geométrico, e um espaço físico, um espaço-tempo, um espaço econômico, um espaço social e um espaço percebido e vivido”.

De forma prática a cidade retrata aspectos do espaço urbano, de um município, delimitado por um perímetro urbano. A cidade apresenta um número mínimo de habitantes com infraestrutura própria para atender necessidades básicas da população. O conceito de município, representa o espaço territorial político no âmbito do estado ou unidade federativa. Trata-se de um delimitador do espaço administrado pela prefeitura, contendo a zona rural e a zona urbanizada. Um mesmo município pode apresentar várias cidades,

também denominadas por distritos.

Todos esses conceitos precisam de mais aprofundamento e o seu esgotamento e debate ainda se configura como pilar de análise por vários especialistas na área de análise urbana (geógrafos, urbanistas, ambientalistas, administradores ou juristas). O esgotamento ainda está longe de se configurar. Para a presente pesquisa se considera o termo espaço urbano para menção sobre as áreas mapeadas e com identificação de mudanças na cobertura da terra. Sabe-se que o termo se apropria dos aspectos ligados à função dos espaços, mais ligados ao uso do solo. No entanto, considera-se o termo mais propício quando comparado aos demais disponíveis. Seu debate deve continuar e servir de incentivo ao aprimoramento e realização de novas pesquisas.

2.2 – Sensoriamento Remoto, GEOBIA e a Técnica de Detecção de Mudança: Metodologias para a Análise do Espaço Urbano

As geotecnologias são assuntos muito recorrentes no meio acadêmico, em diversos seguimentos. Segundo Rosa (2011), as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. Em outras palavras, tecnologias que abrange todo um conjunto de etapas desde a aquisição dos dados até seus pós processamento e análise. E ainda, são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia georeferenciada.

Tendo essa definição em mente, se faz necessário entender um pouco mais sobre cada tecnologia e suas aplicações visando a análise do espaço urbano e em especial o Sensoriamento Remoto.

O Sensoriamento Remoto consiste no registro da informação de uma determinada região, sem contato, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação 13 adquirida por meio visual ou processamento digital de imagem. Sabendo disso, as mudanças em relação ao crescimento urbano podem ser monitoradas por meio de imagens provenientes de sistemas sensores orbitais.

Segundo Mesev (1999), as vantagens do sensoriamento remoto para estudos do espaço urbano podem ser resumidas em termos da acurácia dos dados, flexibilidade temporal, cobertura espacial e adequação a modelagem. A classificação de imagens pode gerar informações influenciadas por diversos fatores, como a qualidade da imagem obtida inicialmente, a capacidade técnica de quem está gerando a classificação, a capacidade de interpretação do usuário, entre outros.

O desenvolvimento de técnicas e o estudo de conceitos bem embasados, em muitos casos, também foram estimulados pelo advento do Sensoriamento Remoto e a gama de possibilidades que a detecção remota pode trazer. A possibilidade de se detalhar estas áreas de forma cada vez mais precisa, nem sempre são acompanhadas por avanços significativos referentes ao uso de novas técnicas, legendas diferenciadas, softwares mais robustos e formas de análise que possam poupar tempo e poder de processamento, por exemplo.

Após o exposto, constata-se as geotecnologias associadas e dentre elas principalmente o Sensoriamento Remoto tem sido cada vez mais utilizado no suporte de análises espaciais e estudos diversos.

A observação de padrões de objetos na imagem a fim de identificar áreas urbanas, visualmente e texturalmente são bem distintas dos demais usos do solo, mas é difícil achar um padrão espectral para a classe. Isso se dá devido as áreas urbanas serem fisicamente formadas por uma grande diversidade de materiais (superfície de concreto, asfalto, telhados de vários materiais, solo, vegetação, água entre outros). Com isso, dependendo da resolução espacial do sensor, cada vez mais haverá uma mistura espectral no pixel considerado de uso urbano.

Com o Processamento Digital de Imagem (PDI) podemos identificar padrões, os localizar e quantificar as feições urbanas inserindo-os em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os SIG permitem a integração de dados de diferentes fontes e formatos para a geração de mapas temáticos. Segundo Câmara & Medeiros (1998), tendo como principal objetivo fornecer ferramentas computacionais para que diferentes analistas determinem a evolução espacial e temporal de um fenômeno geográfico. Um exemplo desses fenômenos constitui-se no crescimento de manchas urbanas.

Com o sensoriamento remoto as linhas de pesquisas relacionadas ao estudo de áreas

urbanas se desenvolveram e ganharam novos olhares e perspectivas. Podendo ser aplicado em mapeamento de áreas urbanas, mapeamento da expansão urbana, identificação de adensamento intraurbano, detecção de mudança e ainda tendências de crescimento, entre outras aplicações.

No âmbito de classificação e geração de mapeamentos urbanos no Brasil, segundo Vargas (2015), a maioria das imagens utilizadas consideram o sensor Landsat 5 devido a gratuidade, disponibilidade de acervo e etapas de pré-processamento já consolidadas. Esses aspectos se refletem em um grande volume de mapeamentos gerados com escala de médio detalhe 1:100.000 e legendas muitas vezes limitadas.

A resolução espacial determina o tamanho do menor objeto do terreno que se pode identificar na imagem e, portanto, tem-se uma estreita relação com a escala de análise e detalhamento da informação (SOUZA,2012). Quanto às técnicas utilizadas, Vargas (2015) aponta que elas se baseiam tanto em análise visual quanto em classificação digital. Porém, grande parte das técnicas que utilizam análise quantitativa tem uma fase de edição manual na etapa final de mapeamento, a fim de corrigir erros na atribuição dos pixels as classes.

Muito do que se estudou sobre ambientes urbanos no último século foi estimulado pela disponibilidade de uso de imagens de satélites com média resolução espacial, variando entre 10 e 30 m. Tendo um certo destaque aqueles da família Landsat, devido a facilidade de se obter imagens gratuitas, com média resolução espacial e resolução espectral de certa forma adequada a diversas linhas de pesquisas. Além disso, a chegada de novos sensores com alta resolução espacial, e novas técnicas de classificação, podem favorecer a ampliação do conhecimento e a criação de uma biblioteca sólida repleta de conceitos, com legendas diversas que possam ser replicadas a outras áreas e outros tipos de estudo.

Com a ampla base científica e conceitual sendo criada, ainda não há um método totalmente aceito como aquele que fornecerá os melhores resultados, sendo assim os diferentes destaques e relevâncias ressaltados por cada autor podem facilitar a criação de uma biblioteca de parâmetros, apoiada por conceitos e causas consolidados e úteis que futuramente possam contribuir com os demais trabalhos direcionados a análise urbana. Pois tal tipo de trabalho, leva o pesquisador a pensar em seu objeto, melhor escala, melhor forma de tratar o fenômeno.

O mapeamento se estabelece como componente evolutivo e bem relevante para múltiplas informações, que após serem trabalhadas serão traduzidos para o usuário, muitas vezes em mapas. A etapa de classificação requer do especialista uma base de reconhecimento construída sobre as feições paisagísticas da área mapeada, levando ao usuário um mapa temático claro e objetivo, é importante levar em conta, como apresentado por Menezes e Fernandes (2013), o conceito de comunicação cartográfica consiste na percepção de que o mapeamento é uma abstração do mundo real.

Os fenômenos e observações que, porventura, serão mapeados, são selecionados pelo especialista e posteriormente transformado por uma simbologia adequada, no caso de áreas urbanas estas convenções atuam diretamente na compreensão geral das diferentes regiões encontradas na cidade, uma vez que o mapa também pode ser utilizado para a tomada de decisões pelo poder público.

Contudo, o observado na literatura é a falta de padronização voltada ao mapeamento de áreas urbanas, onde cada usuário termina por definir sua própria legenda de classificação, muitas vezes com classes que não atendem a escala de mapeamento, ou seja, a legenda final acaba por atender às necessidades imediatas de cada um, sem que se colabore de forma mais precisa para o estabelecimento de uma base de conhecimento. Segundo Di Gregório (2004), a legenda é dependente da escala e da representação cartográfica, bem como dos dados e do método de mapeamento. Mais uma vez ressaltando a necessidade de se definir o objeto de estudo e a escala na qual ele seja compatível, para evitar possíveis erros futuros de legenda e de mapeamento.

Analisando os diversos trabalhos e suas bibliografias encontrados no anexo I, em sua grande maioria estes se relacionam a escalas geográficas mais restritas, principalmente municipal, poucas exceções acabam utilizando recortes espaciais diferenciados, nas pesquisas onde ocorrem estas diferenciações as relações são mais ligadas a qualidade ambiental, inferências populacionais e geração de índices.

As utilizações de escalas geográficas municipais se adaptam ao suporte de planejamento ambiental voltado para prefeituras, este tipo de verificação é corroborado pela utilização de imagens com alta resolução espacial. As cenas de sensores com resolução espacial superior se adequam a representações de maior escala cartográfica, tendo uma área mapeada menor e, por conseguinte podem atingir um detalhamento mais

específico.

Em grande parte, as escalas cartográficas mais comuns notadas variam entre 1:5.000 até 1:100.000, partindo desde observações de quadras até uma Área de Planejamento, por exemplo, este grande intervalo de mapeamento atinge diferentes níveis de detalhes. Em outras palavras, não é possível que uma mesma legenda se aplique a diferentes escalas, apoiado pelo fato de que uma imagem com 30 m de resolução espacial terá maior complexidade de se identificar um tipo de cobertura, como um telhado por exemplo, enquanto comparado a uma imagem de alta resolução, como a do WorldView II com 0.50m. O mesmo ocorre no processo inverso, quando se deseja analisar uma área maior, a adequação da imagem tende a seguir o objetivo de cada trabalho, imagens com resolução de 20m ou superior acabam por impedir a ampliação de legendas para a caracterização intra-urbana.

Com base nas imagens adotadas há uma tendência de escolha por imagens do satélite Landsat em todas suas séries, em pesquisas realizadas antes de 2010 destaca-se o uso de imagens TM/Landsat. Muito apoiado pela gratuidade das imagens, alta disponibilidade de cobertura do terreno e principalmente a acessibilidade relacionada a outros trabalhos que utilizam a mesma imagem, favorece seu uso à medida que há uma base minimamente consolidada. Eventualmente há uma preocupação relacionada a restrição de escolha das cenas, quando ocorre uma distinção de escolha perde-se a possibilidade de construção de um entendimento mais amplo e que, futuramente, possa apoiar novos estudos que utilizem uma nova base de conhecimento.

Quando uma imagem é classificada, os pixels recebem rótulos conforme o tipo de cobertura da terra, e esse procedimento deriva aos valores dos níveis de cinza da imagem, a partir de algoritmos estatísticos específico, padrões de classificação. Com relação ao modelo de classificação, não há um método específico que seja mais propício e adotado. Normalmente, observa-se o uso de índices normalizados combinados com outro tipo de classificação, tornando o processo mais rápido. Destacam-se também, tendências direcionadas a adoção da classificação automática supervisionada e não supervisionada por “pixel – a – pixel” ou por “Região”. Mais recentemente a classificação orientada a objetos – OBIA, tem se demonstrado mais presente, com atributos diferenciais possibilitando a replicação de modelos de modelagem e, diferentes cenas e

escalas, com uma percepção perto da classificação visual. Conceitualmente os classificadores "pixel a pixel" utilizam a individualidade da informação espectral de cada pixel na busca por padrões e por regiões homogêneas.

Os classificadores por regiões consideram a informação espectral de cada pixel e ainda a relação espacial de vizinhança entre os pixels, para indicar ao sistema áreas homogêneas na imagem.

No entanto, em alguns casos o aspecto da semântica (relevante para o processo de classificação e transformação da imagem numa área que represente uma informação) é fundamental para se entender a simbologia que a imagem pode trazer. Nesse caso os pixels de forma individual, ou agregados não conseguem retratar essa informação, sendo necessário pensar a noção de "objeto" e sua relação mútua com outros objetos e de forma hierárquica. Dentro deste contexto, um novo termo vem sendo cunhado na última década na comunidade internacional de sensoriamento remoto para lidar com a técnica de Análise de Imagens Baseada em Objetos (OBIA), especificamente para a análise geográfica o termo Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA). Trata-se de um paradigma que se fortalece nos últimos anos (após 2005) conforme indica BLASCHKE *et al.* (2014). A técnica de classificação com GEOBIA introduz o intérprete como parte do processo para a identificação de feições, pois simula a interpretação visual e as características do objeto a ser classificado, como parte fundamental. Nesse processo podem ser utilizados modelos descritores que possuem o auxílio de dados espaciais diversos (SOUSA *et al.*, 2012).

Novack, (2009) afirma que a técnica de GEOBIA se destaca como a forma mais completa e integrada de se representar o conhecimento de um especialista humano no âmbito da interpretação automática de imagens de sensoriamento remoto. Para Almeida (2010), esse tipo de análise permite a simulação da visão contextual de um intérprete humano por meio de múltiplos níveis de classificação interligados e redes semânticas.

Lourenço *et al* (2013) afirma que a abordagem de classificação GEOBIA necessita do conhecimento prévio dos elementos/classes que compõem a área de estudo, para que os descritores estatísticos que melhor diferenciam as classes de interesse possam ser selecionados e modelados, assim como em todas as classificações supervisionadas.

Dentre os programas utilizados para a se gerar a classificação baseada em objetos pode-se citar o Definiers eCognition. Segundo Shiba & Itaya, (2006), o eCognition foi

desenvolvido com a possibilidade de segmentar imagens digitais em unidades com padrões espectrais e espaciais semelhantes de acordo com uma base de regras pré-definida. Santos (2013) indica que utilizando os critérios de escala, cor e forma - suavidade (smoothness) e compacidade (compactness) - o algoritmo de segmentação subdivide a imagens em polígonos (objetos na imagem). Os parâmetros de entrada podem ser combinados de formas diferentes e hierarquizados, dando-lhes um peso entre 0 e 1. Tudo dependerá do objetivo esperado.

O resultado do processo de segmentação de uma classificação baseada em objetos é um conjunto de objetos. Castilla & Hay (2008) definem objetos como sendo grupos de pixels na imagem que representam elementos significativos de diferentes tipos, forma e distribuição espacial dentro da imagem (por exemplo: árvores, grupos de árvores, fragmento de floresta e floresta). Os objetos com mesmas características são agrupados em classes organizadas. As classes se encontram em níveis diferentes. Desta forma, uma rede hierárquica é formada, ou seja, as classes que se encontram um nível inferior são subclasses e herdam as características da classe do nível superior, ou seja, a superclasse (PINHO et. al., 2009).

De acordo com Pereira (2000) as técnicas de Geoprocessamento em urbanismo podem ser empregadas em todas as áreas que permitam análise espacial e representação cartográfica.

A classificação e o mapeamento para a dinâmica espacial sobre o crescimento urbano podem se basear em várias técnicas, mas deve observar se a forma se mostra compacta ou dispersa no espaço. A compactação manifesta-se predominantemente no núcleo urbano, através do aumento do parcelamento do solo e da verticalização. Diferentemente, o padrão de crescimento disperso é observado, sobretudo nas expansões periférica. Dessa forma, tais formas de crescimento são observadas ao longo de todo o estado, considerando os núcleos urbanos mais compactados, e seus arredores (possíveis áreas de consolidação urbana) possui inicialmente um crescimento disperso.

No que se refere as legendas de mapeamento, a maior parte dos estudos elaborados e posteriormente analisados nesta pesquisa, focam na descrição da intensidade de ocupação do solo urbano, diretamente seguido daqueles que buscam detalhar os tipos de coberturas existentes, tais como cimento, asfalto, amianto e outros. Há também um adendo sobre o

tipo de uso destas ocupações, como industrial e residencial, por exemplo, infelizmente não há uma linha direta sobre as legendas mais distintas e inovadoras, uma busca incessante que deveria ser cada vez mais fomentada.

Levando em conta a complexidade das áreas urbanas, tanto quanto dos mapeamentos em diversos casos, compreende-se as causas das aleatoriedades das legendas, o que explica ainda mais as dificuldades de padronização. Quando nos referimos ao ambiente intra-urbano, a existência de diversas coberturas exige um maior nível de detalhes, o que dificulta e exige ainda mais do especialista, principalmente quanto a escolha e pré-processamento das imagens, devido à alta resolução espacial de alguns sensores que tem se tornado uma constante de uso das cenas nos últimos anos.

Uma etapa posterior ao mapeamento retrata o potencial de análise temporal dos dados para se fornecer um parâmetro mais confiável ao analista. Nesse caso a técnica de detecção de mudança se apresenta com forte potencial para suprir essa necessidade. Santos et al (2005) indica que a detecção de mudanças pode ser definida como o reconhecimento de alterações nos padrões característicos de determinado alvo nas imagens em certo período de tempo. É possível identificar a direção e a extensão da transformação de uso e cobertura da terra quando aplicada de forma correta. O uso de imagens orbitais e outros sensores remotos vêm sendo adotados com sucesso fornecendo um retrato das transformações e mudanças na superfície terrestre. Pode-se verificar a ação de agentes naturais e antrópicos como combustíveis dessas alterações. Singh (1989) cita a diferença e razão de imagens, análise por componentes principais e análise de vetor de mudanças como técnicas mais empregadas para mapear mudanças na paisagem. Más (1998) utilizou técnicas como diferenciação de imagens, diferenciação de índices de vegetação (NDVI) e análise de componentes principais. É possível separar alguns métodos mais usuais para a detecção de mudanças.

Weckmüller e Vicens (2016) indicam que há as várias técnicas de detecção de mudanças, porém um esforço da literatura em separá-las em dois grandes grupos. No primeiro grupo é possível dividir o método conforme o número de imagens adotadas no processo. Se o especialista adota apenas duas imagens com variação temporal definida, denomina-se a técnica de detecção de mudanças bi-temporal. Por outro lado, se forem

utilizadas três ou mais imagens pode-se considerar o método como uma análise da trajetória temporal. No caso da utilização de apenas duas imagens, a escolha das datas de aquisição das imagens é crucial para evitar a contaminação das mudanças por efeitos fenológicos e sazonais, como a diferentes condições de iluminação da cena (COPPIN, 2004).

No segundo grupo, Peiman (2011) e Kiel (2008) destacam que a classificação mais usual para a detecção de mudanças seria dividida em dois grandes grupos chamados de “pré-classificação” e “pós-classificação”. A análise pós-classificação consiste na geração de uma classificação para cada data em separado, para uma posterior detecção de mudanças na comparação destes mapas temáticos, que pode ser em uma integração entre o sensoriamento remoto e um Sistema de Informações Geográficas (LU et al., 2004). Trata-se de uma técnica comum na literatura sendo considerada a mais potencial para análises temporais. No entanto, essa técnica exige um maior cuidado durante o processo de classificação a ser executado para cada data pois há o risco de propagação de erros. Tem-se ainda mais custos associados quando se avalia o tempo e insumos previstos para a sua execução.

O processamento de uma série de imagens multitemporais requer uma metodologia diferenciada, principalmente pelas mudanças ocorridas, de forma muito latente na superfície terrestre. O processo de detecção de mudanças busca identificar alterações na superfície terrestre por meio da análise de imagens da mesma área coletadas em diferentes datas (SINGH, 1989).

Devido a existência de diversas técnicas voltadas a análise de mudanças, há de se responder algumas questões específicas, como apresentado por Deer (1995) em 4 aspectos de interesse:

- a) Ocorreu mudança? (Detecção)
- b) Onde? (Localização e Extensão)
- c) Que mudança ocorreu? (Identificação)
- d) Quais as causas e implicações desta mudança? (Análise)

Valendo-se das questões apresentadas, cabe ressaltar que existem diversas técnicas

voltadas para análises multitemporais, a escolha do melhor modelo passa diretamente pelo tipo de estudo realizado, não havendo um método absoluto, cada objetivo requer um tipo diferente de técnica. Basicamente, existem dois modelos mais utilizados no processo de detecção de mudanças: a comparação de pós-classificação e a diferenciação de imagens.

A comparação de pós-classificação consiste na técnica mais comum, e, portanto, a mais utilizada. Tal método busca comparar a classificação de cada imagem de forma autônoma, seguido por uma comparação entre os pixels temáticos detectando áreas as quais ocorreram mudanças (VIEGAS, 2016). A etapa de comparação da classificação também se subdivide, e segundo Weckmüller e Vicens 2016 *utilizando técnicas de geoprocessamento, esta análise pode aplicar funções de álgebras de mapas, resultando em um mapeamento do tipo “from-to”, ou cruzar um certo número de classificações num SIG numa perspectiva multitemporal, formando trajetórias evolutivas de forma que a análise pode ser automatizada ou visual*, a escolha entre as duas também passa diretamente pelo objetivo de estudo. A observação por parte do especialista é mais indicada na diferenciação de padrões e formas, enquanto a observação automática é recomendada para estudos diretamente quantitativos, porque em um ambiente computacional o processamento destas análises é mais rápido e preciso, não se limitando a certo nível.

Já o método de diferenciação de imagens consiste na combinação de imagens multitemporais georreferenciadas, onde pixels com valores próximos são extraídos, produzindo uma nova imagem que retrata as mudanças comuns a esta série. Esta técnica utiliza a premissa de que nas áreas modificadas ocorrem também mudanças relativas no valor do pixel, resultando em disparidades estatísticas, que serão representadas num SIG como resultado da detecção.

2.3 - Computação na Nuvem e a Plataforma Google Earth Engine: Um Novo Paradigma para a Integração de Dados, Mapeamento e Análise Espaço-temporal pela Geografia

A computação na nuvem e o serviços on-line agregam enorme potencial para a análise espacial e definição de padrões. O massivo poder computacional nesse caso pode ampliar a

capacidade de interpretação e detecção de mudanças no espaço. Para o Geógrafo isso significa visualizar tendências na superfície terrestre, oceanos e atmosfera e potencializar sua capacidade de interpretação sobre processos ambientais e humanos.

No caso da ferramenta Google Earth Engine, em particular, algumas aplicações são potenciais para áreas específicas da Geografia, tais como: a análise de áreas urbanas, dinâmica da população, limites territoriais e geopolítica, geomorfologia, mudanças climáticas, entre outros. A plataforma é uma ferramenta que democratiza o acesso a dados de sensoriamento remoto, e permite realizar inúmeras análises no tempo, transformando pixels em conhecimento sobre mudanças na paisagem e no espaço.

O crescimento populacional e urbano, a industrialização e mudanças climáticas, estão entre os fatores emergentes com potencial de conduzir à elaboração de métodos visando o monitoramento contínuo e acompanhamento de mudanças. A Geografia deve dar diretrizes para a implementação de políticas públicas direcionadas ao uso sustentável do meio ambiente e gestão do território.

É nesse sentido que as técnicas mais consolidadas de sensoriamento remoto e geoprocessamento passaram por amplos avanços para a sua integração com sistemas virtuais (de computação e processamento de dados na nuvem), vindo a potencializar o exercício profissional do geógrafo. A plataforma Google Earth Engine vem se destacando entre as demais pelo acesso amplo e popular associada a capacidade de processamento e rapidez na análise dos dados.

O Google Earth Engine permite ao geógrafo elaborar mapas em diferentes escalas para a delimitação de áreas e fenômenos, agregando dados próprios às análises. É possível realizar cálculos e processamento de dados na própria nuvem de computadores da Google, o que facilita a geração de informação de interesse tanto para o bacharel, como para o licenciado.

Algumas implementações já demonstram a capacidade da ferramenta em aplicações multiescalar. Conforme apresentado por Hansen *et al* (2013), para se avaliar o potencial desse sistema, a Universidade de Maryland, nos EUA dispôs de 10 mil computadores do Google trabalhando em paralelo, totalizando 1 milhão de horas de processamento. Esse conjunto computacional analisou 700 mil imagens da série satélite Landsat, o equivalente a 20 trilhões de pixels, para produzir um mapa global das florestas do mundo.

O mapa gerado com uma resolução espacial de 30 metros foi concluído em poucos dias

com o suporte do Google Earth Engine. Essa tarefa que teria levado cerca de 15 anos para conclusão se fosse realizada em um único computador. Como resultado foi gerado um mapa sobre a cobertura florestal no mundo indicando as áreas com incremento ou supressão da vegetação. Outras aplicações se mostram emergentes e viáveis, tendendo a ampliar o potencial de análise da Geografia.

A Figura 5 apresenta o trabalho de Hansen *et al* (2013) e o potencial da ferramenta para diversas análises da Geografia. Observa-se em (A) a cobertura da floresta em 2000, em (B) as áreas com perda de floresta, em (C) as áreas com ganho de floresta no mundo, e em (D) áreas de cobertura, áreas de ganho e de perda, em 2012.

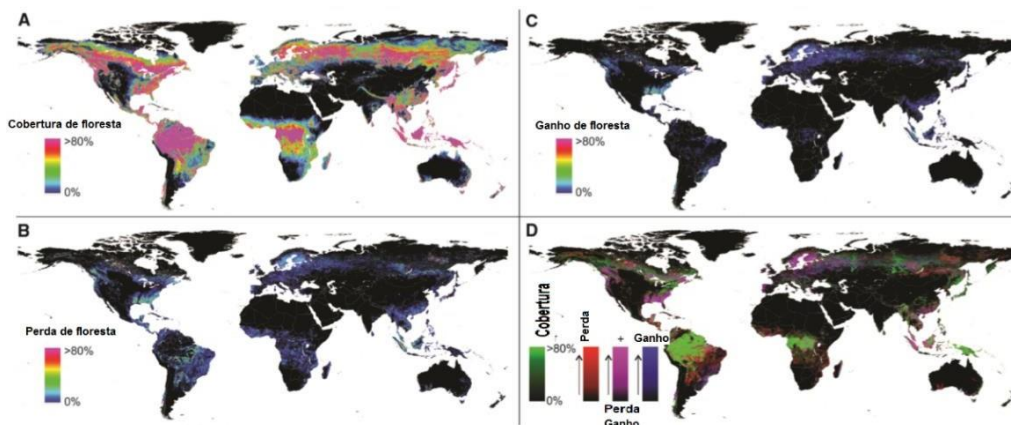


Figura 5:(A) cobertura floresta, (B) perda e (C) ganho e (D) cobertura, perda e ganho. Legenda de cores: cobertura de floresta em verde, perda de floresta em vermelho, ganho de floresta em azul, perda e ganho simultâneo em rosa.

Fonte: Hansen *et al* 2013.

Existem outras plataformas, como a plataforma Earth Engine Client Libraries que exige o conhecimento relativo a implementação de algoritmos em formato Java Script e Python previamente definidos (com muitos estudos de caso), e ao mesmo tempo a necessidade de personalizar conforme a demanda do Geógrafo e sua aplicação. Por outro lado, para o uso do Earth Engine Explorer é necessário conhecimento sobre Geoinformação e em especial, Cartografia, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Finalmente, a plataforma Earth Engine Code Editor demanda um vasto conhecimento de programação para a implementação de códigos e algoritmos próprios. Nesse caso, a formação e preparo do bacharel e do licenciado exigiria um aprofundamento sobre ciência da computação e diferentes linguagens de programação, como Python ou Java Script.

Mais uma vez cabe destacar que não se trata de algo inviável havendo enorme potencial para a atuação do Geógrafo nessa área de conhecimento. Não cabe aqui abordar aspectos relativos à formação e grade curricular nacional da Geografia, mas fazer refletir sobre o potencial de ferramentas de análise espaço-temporal, e o quanto a Geografia precisa estar à frente das mudanças em curso. Nesse sentido cabe apontar algumas possibilidades de aplicação para as práticas no exercício da profissão do Geógrafo e do Bacharel.

Apesar das dificuldades apresentadas para adoção inicial das plataformas Earth Engine Code Editor e Earth Engine Client Libraries, o esforço pode ser compensado pois agrega velocidade de análise e à identificação de padrões no tempo, ampliando a pesquisa geográfica.

Para o completo entendimento sobre a manipulação da plataforma Google Engine Explorer recomenda-se a leitura dos manuais disponíveis no website da Google. Do conjunto de ferramentas pré-definidas e disponíveis cabe destacar: o conjunto de imagens DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series Version 4, os mosaicos anuais do Landsat TOA Percentile Composite; a ferramenta para classificação e seleção de amostras Hand-drawn points and polygons e os modelos de relevo SRTM Digital Elevation Data com resolução de 30m.

O conjunto de imagens DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series Version 4 representa uma série histórica de imagens noturnas que mensura a cada ano, a quantidade e intensidade de luz emitida durante a noite no globo terrestre. As imagens de satélite possuem uma resolução espacial de 900 metros e possibilitam uma série de análises espaciais sobre os vetores de expansão urbana. Pode-se trabalhar com a delimitação de áreas urbanas, monitoramento e expansão e ainda aspectos particulares como a questão energética e política.

Os mosaicos anuais do Landsat TOA Percentile Composite em conjunto com a ferramenta para classificação e seleção de amostras Hand-drawn points and polygons pode permitir a execução de várias classificações de uso e cobertura do solo.

Também estão disponíveis dados de relevo, sensores com aplicação para análise climática (dados do satélite NOAA), e outros com maior resolução espacial (imagens do satélite Sentinel).

Como principais desafios e perspectivas pode-se citar: a criação de métodos visando o monitoramento de desmatamento em tempo real de forma automática; a delimitação dos melhores insumos (imagens e modelos) para obtenção de informação relevante para Geografia; e o preparo e formação de futuros geógrafos com conhecimento suficiente para a implementação

de ferramentas de análise.

Por fim cabe destacar que o mapeamento avaliado na presente pesquisa utiliza uma abordagem de classificação pixel - a - pixel, o que permitiu traçar um panorama para a identificação de mudanças como forma alternativa à classificação Orientada a Objetos. No entanto cabe destacar o potencial da ferramenta GEE para a proposição futura de algoritmos que apliquem o método OBIA na plataforma.

A Figura 6 destaca a janela inicial da plataforma GEE.

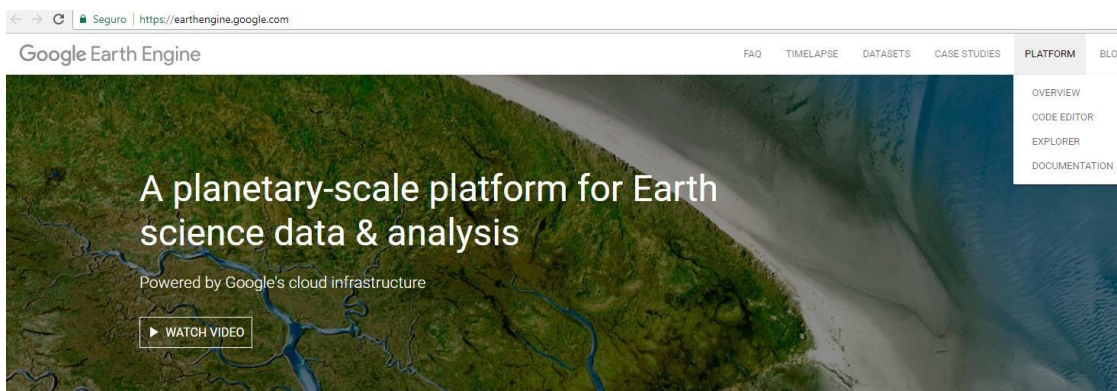


Figura 6: Plataforma GEE

Fonte: <https://earthengine.google.com/> (acesso em 15/08/2017)

O Google Earth Engine armazena imagens de satélite de mais de 40 anos com organização e possibilidade de acesso on-line de forma rápida em escala global. O arquivo de dados públicos inclui imagens históricas de terra e novas imagens são incluídas diariamente. A plataforma também fornece APIs em JavaScript e Python, para permitir a análise de grandes conjuntos de dados e facilitar a implementação de novas ferramentas, inclusive de classificação.

III - MODELAGEM DO CONHECIMENTO APLICADA A DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO URBANO, NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO ENTRE 2000 E 2015

3.1 Introdução

As áreas urbanas se caracterizam por espaços bastante diversificados com dinâmicas espaciais e sociais distintas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000) área urbanizada de cidade ou vila é a área legalmente definida como urbana caracterizada por construções, arruamentos, e intensa ocupação humana; as áreas afetadas por transformações decorrentes do desenvolvimento urbano, e aquelas, reservadas à expansão urbana.

Em contrapartida, para Corrêa (1989) o espaço urbano vai além de áreas construídas, ele é fragmentado, articulado, reflexo e condicionante da sociedade, e sendo onde as classes se proliferam, envolve a cultura da sociedade, assumindo ainda um aspecto simbólico. Baseado nessa articulação e fragmentação, a expressão espacial de processos sociais, pode se dizer que o espaço urbano é reflexo da sociedade. E dentro de uma sociedade capitalista, o espaço urbano tem uma característica muito explícita de desigualdade social. Tendo também outra atribuição muito forte em si que é a mutabilidade com o ritmo e natureza diferenciada, diversos fatores podem acelerar ou não o desenvolvimento urbano de uma região, e ainda por diversas razões diferentes, razões domiciliares, industriais, comerciais, periféricas.

Frente a isso, observa-se que há uma tendência espacial indicando que por décadas estes ambientes vêm passando por constantes modificações. Modificações no âmbito fixo (formas das edificações, alterações no físico no espaço, expansão da mancha urbana), e fluxos (movimentação da população, migração, fluxos de capital). Toda essa articulação e mudança é percebido e capturado pela população no seu cotidiano, com registros fotográficos, descrição dos lugares, e outras formas de avaliar, capturar informações e perceber as mudanças. No âmbito da presente pesquisa, essa mudança será percebida através de imagens de satélites.

Todo esse cenário é corroborado quando nos referimos ao Estado do Rio de Janeiro, que vem sofreu grandes mudanças ao longo de centenas de anos, e recentemente essas

mudanças foram em virtude de eventos que ocorreram na cidade, como copa do mundo e olimpíadas, que demandaram de obras e uma reorganização interna da cidade.

As alterações, reformas e o ambiente que vemos na cidade do Rio de Janeiro são carregados de um caráter histórico profundo e peculiar. Segundo Gonçalves (2013) o processo de crescimento do Rio de Janeiro começou antes mesmo do processo de industrialização do país, por consequência desses processos houve uma crise habitacional desde os últimos decênios do século XIX. A fragilidade da rede de transporte, da ausência de políticas habitacionais e da precariedade do mercado de trabalho, levou a população a amontoar-se pelos prédios do centro da cidade. Durante a metade do século XX, fruto de reformas urbanas e política de saúde pública, foi proposto a erradicação das habitações insalubres sem dar assistência a população local, que por sua vez foram forçadas a ocuparem o subúrbio ou os morros mais próximos. E as transformações urbanas continuaram em diferentes níveis de intensidade, pois o Rio de Janeiro também foi palco de grandes imigrações no decorrer dos anos. Face ao exposto percebe-se as diferentes relações internas na cidade, relações sociais, governamentais, a influência do estado, que fazem do Rio de Janeiro um lugar diferenciado e um ótimo laboratório de pesquisa, no que diz respeito a processo de urbanização.

Uma cidade com essas características conflituosas resalta ainda mais a necessidade de mapeamentos preventivos que possam, também, facilitar políticas públicas voltadas ao controle urbano e bem-estar de seus moradores.

Além de contribuição para as políticas públicas e entendimento da própria cidade, iniciativas de mapeamento e monitoramento urbano de municípios como o Rio de Janeiro são essenciais para análises em escalas geográficas maiores. Como as que estudam as relações espaciais e de rede entre cidades e campo.

Com a adoção das técnicas de sensoriamento remoto, há um grande subsídio de ferramentas que podem contribuir diretamente com a análise da mancha urbana modificada, visto que a expansão de certa área ocupada, assim como sua ocupação podem ser facilmente detectadas através de imagens de satélite (FLORENZANO,2011).

Inúmeros trabalhos fazem uso do sensoriamento remoto para avaliar mudanças na área urbana. Como exemplo, temos Barros (2015) que utilizou imagens com diferentes

resoluções espaciais (RapidEye e Landsat 5) para detectar a mudança urbana no município de Santarém, estado do Pará. O método utilizado foi de classificação não supervisionada. Citando caso análogo, Carvalho (2013) utilizou uma combinação de técnicas (GEOBIA e Mineração de Dados), para gerar uma elaboração do uso do solo por quadras a partir da indução de árvores de decisão, utilizando imagens de alta resolução (WorldView-2). Essa metodologia foi aplicada para zona oeste do município de São Paulo. Abrangendo os distritos municipais de Rio Pequeno, Raposo Tavares, Butantã e Vila Sônia. Oliveira (2015) usando por base as ferramentas de geotecnologias, observou a trajetória da população urbana, e cruzou com as informações geradas a partir do mapeamento urbano de 1985 e 2010 utilizando imagens Landsat. Onde foi possível correlacionar o movimento urbano. Frente ao exposto, percebe-se que o urbano é alvo de estudos em diferentes perspectiva e temas, pois é extremamente dinâmico e abrangente em si.

Dessa forma, esse capítulo tem como objetivo identificar as mudanças na área urbana do Rio de Janeiro com o intervalo de 5 anos, num período de 15 anos, entre 2000 e 2015, utilizando modelagem de conhecimento (GEOBIA).

3.2 – Metodologia

Para alcançar o objetivo indicado foi aplicada a metodologia apresentada na Figura 7, que engloba três etapas principais: Pré-processamento (aquisição e processamento das imagens); Processamento (Modelagem e Classificação) e Detecção de Mudanças.

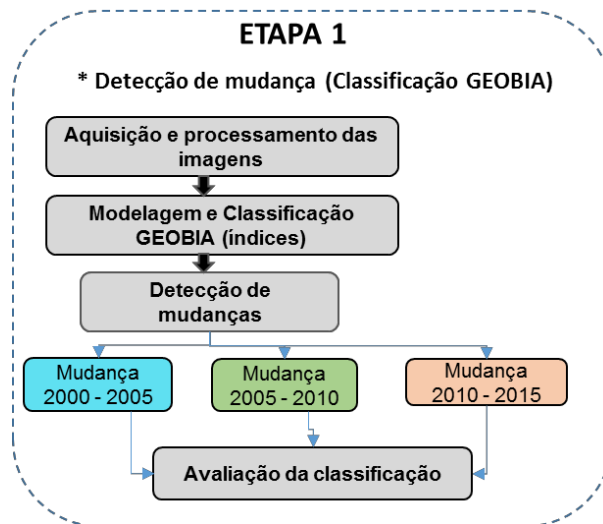


Figura 7: Fluxograma Metodológico Etapa 1 – Mapeamento GEOBIA e Detecção de mudança com imagens da série Landsat

3.2.1 - Pré-processamento das Imagens

Jesen (2007) aponta para a importância de se realizar as etapas de pré-processamento nas imagens, restaurando as mesmas de forma quantitativa, submetendo-a a etapas como: correções geométricas, radiométricas, atmosféricas e/ou ruídos que aparecem no processo de aquisição da imagem. Portanto, afim de tornar mais coerente a utilização das imagens em estudos temporais, onde se analisa diferentes imagens da mesma região, optou-se pela realização de etapas que realizassem os ajustes necessários nas imagens para a pesquisa.

Assim a metodologia desenvolvida iniciou com a aquisição e processamento das imagens Landsat 5 e 8, adquiridas gratuitamente pelo United States Geological Survey (USGS). Sendo este um trabalho de análise temporal, primeiramente buscou-se as imagens mais representativas da área, com pouca cobertura de nuvens. Após a análise, chegou-se as imagens dos anos de 2000, 2005, 2010 e 2015, detalhadas na Tabela 2, atentando para a aquisição de cenas do mesmo período climático para manter o padrão de resposta espectral semelhante.

Tabela 2: Detalhamento das Imagens utilizadas

Cena	Satélite/sensor	Data
<i>LT52170762000227CUB00</i>	Landsat 5 - TM	2000-08-14
<i>LT52170762005240COA00</i>	Landsat 5 - TM	2005-08-28
<i>LT52170762010238CUB00</i>	Landsat 5 - TM	2010-08-26
<i>LC82170762015268LGN00</i>	Landsat 8 - OLI	2015-09-25

Algumas etapas são primordiais quando se utiliza a técnica de detecção de mudanças. Assim como adotado por Prado (2014), Rubim (2015), Moreira (2015), Lourenço (2016), serão realizadas sistematicamente a correção atmosférica das imagens (utilizando o software Erdas Imagine), visando atenuar os efeitos de espalhamento e absorção da atmosfera, que podem alterar a resposta espectral dos alvos, principalmente

quando se realiza um estudo multi-temporal.

Os parâmetros utilizados no que diz respeito as condições atmosférica foram “urban” para o tipo de aerossol e as condições como tropical, a visibilidade foi estimada de 35 km. Esses parâmetros foram utilizados de acordo com as instruções do software, devido o principal objeto de estudo na cena serem as manchas urbanas. O processo de correção atmosférica também foi avaliado, e os resultados comparados com aqueles obtidos pela bibliografia de referência, que apontou como melhor resultado a imagem de 2005 utilizada em etapa posterior como referência para normalizar as demais imagens.

Posteriormente realizou-se a normalização radiométrica das imagens por meio do Software livre R. Segundo Ponzoni (2000), o processo de normalização é uma técnica de calibração relativa que consiste na regressão linear entre imagens multiespectrais em uma série temporal em relação a uma imagem de referência. Esse processamento diminui as diferenças radiométricas entre as imagens, causadas por inconsistências geradas pelas condições de aquisição (YUAN e ELVIDGE, 1996; YANG e LO, 2000, AMARAL et al, 2015). Assim, 300 pontos invariantes foram utilizados no recorte temporal, considerando também a boa distribuição espacial pela cena das imagens.

3.2.2 Segmentação, Modelagem e Classificação GEOBIA

Como já mencionado na revisão conceitual da presente pesquisa, existem diversos métodos para detecção de mudança através de mapeamento de imagens de satélite. Nessa etapa da pesquisa foi utilizada a técnica de classificação GEOBIA, onde os objetos com características em comum são agrupados em classes, e estas são organizadas em forma de rede hierárquica, onde as classes de um nível inferior (subclasses) herdam as características da classe do nível superior (superclasse) (PINHO, 2005).

Frente a isso é necessário definir o acervo de dados necessários para uma boa estrutura de análise e classificação, visando a detecção de mudanças. No âmbito desse estudo, com as imagens preparadas gerou-se os índices NDVI, NDBI e NDWI para cada ano, antes mesmo da etapa de modelagem.

Embasado na metodologia aplicada por Moreira (2015) e Lourenço (2016), foram definidos os alcances entre cada cena, pois tendo em vista que as imagens foram

normalizadas, as respostas espectrais se apresentam mais aproximadas. Assim, quando um alvo apresentar alteração entre as datas, durante o alcance, ele terá seu número diferenciado. Por isso, realizou-se o range de cada índice no software ArcGis.

Possuindo todos os dados matriciais, foi criado um projeto no software eCognition, inserido-se cada banda das cenas, de cada ano, acrescido de todos os índices e seus respectivos ranges. Posteriormente foi possível iniciar a etapa de segmentação da imagem.

A segmentação é um passo de extrema importância, pois alcançar uma boa delimitação dos alvos, e uma quantidade de objetos favoráveis, requer esforço e empenho do usuário, principalmente em pesquisas que visam a análise temporal. Após inúmeros testes, optou-se por utilizar duas segmentações, com os seguintes parâmetros: a primeira com scale – 75, shape – 0.1, compactness – 0.5, dando peso apenas para os ranges dos índices NDVI³, NDBI⁴, NDWI⁵, e a segunda, com as mesmas características, no entanto um nível abaixo, com scale - 50.

No processo de modelagem, inicialmente objetivou-se separar os corpos hídricos dos demais objetos. Logo a seguir foi aplicada a técnica de detecção de mudança para identificar as áreas com mudança e sem mudança em cada período. A Figura 8 representa a árvore hierárquica definida, com o detalhamento dos níveis utilizados, os operadores e descritores considerados para cada classe.

³ NDVI - Normalized Difference Vegetation Index

⁴ NDBI - Normalized Difference Built-Up Index

⁵ NDWI - Normalized Difference Water Index

Nível	Classes	Operador	Descriptor
L75		And Inversão da similaridade	Amplitude do NDWI, Vermelho, Infravermelho
L 50		And And	Amplitude do NDWI e NDVI NDBI, NDVI, Razão do infravermelho pelo vermelho
		Inversão da similaridade And Inversão da similaridade And Inversão da similaridade	Razão do infravermelho pelo vermelho Razão do infravermelho pelo vermelho

Figura 8: Árvore hierárquica utilizada na modelagem do conhecimento

Inicialmente em um nível mais generalista (L75) foi separado a Água de Outros, no nível mais detalhado (L50), herdando do nível acima a classe “outros”, dividiu-se a “mudança” de “não mudança”. Dentro da classe “Não mudança” extraiu-se o urbano de 2000, que foi a data inicial da pesquisa. Na classe de Mudança, separou-se “2005” de outros, e em “outros” classificou “2010” e “2015”.

Utilizando o método GEOBIA de classificação definiu-se como principais descritores na modelagem do conhecimento alcançando as 4 datas, os seguintes índices físicos e suas amplitudes no intervalo temporal: NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada, o NDWI (Índice de diferença normalizada da água) e por fim o NDBI, (índice de diferença normalizada por área construída), acrescidos das amplitudes das bandas do vermelho e do infravermelho próximo.

3.3 - Resultados e Discussões

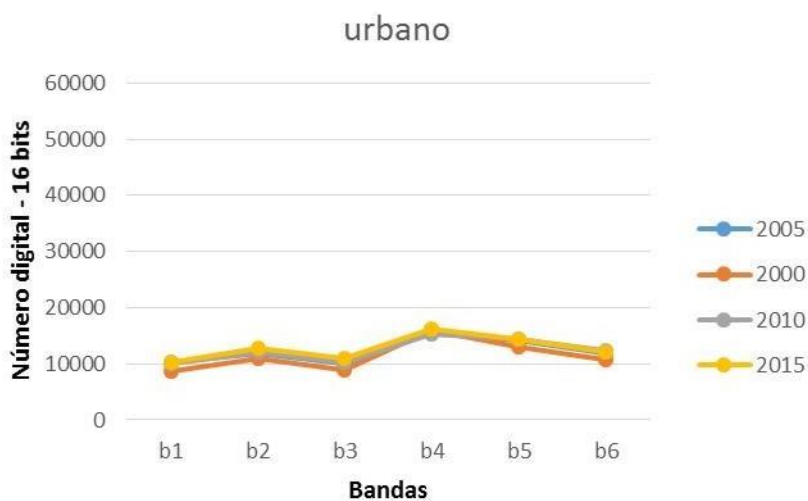
3.3.1 Correção Atmosférica e Normalização Radiométrica

Como resultado da normalização radiométrica, as imagens foram ajustadas entre si, tendo a imagem de 2005 corrigida atmosféricamente como referência. Os gráficos 1 e 2 corroboram sobretudo a necessidade desse procedimento, pois ao comparar os alvos nas imagens as respostas espectrais ficam coincidentes, propiciando uma melhor percepção nas áreas de mudança.

Gráfico 1: Validação da normalização para os alvos de vegetação



Gráfico 2: Validação da normalização para os alvos de urbano



As bandas consideradas do sensor TM foram as 1,2,3,4,5,7 e do sensor OLI foram consideradas as bandas 2,3,4,5,6,7. Elas foram renomeadas como 1,2,3,4,5,6 respectivamente, devido à semelhança do intervalo espectral.

Considerando a resolução espacial das imagens serem de 30m, a escala cartográfica do mapa gerado foi de 1:100.000, pois segundo Menezes (2013), o erro cartográfico aceitável varia entre 0,2 a 0,3 mm. Sendo a área mínima mapeada de 8100 m² no terreno, equivalente a um objeto de 3 pixels por 3 pixels da imagem, tendo um erro então de aproximadamente 0,3 mm no mapa.

Na Figura 9, é resultado da detecção de mudança, onde inicialmente foi diferenciado mudança e não mudança, e dentro da mudança foram consideradas apenas as áreas construídas. Onde foram consideradas como áreas de mudanças, áreas que sofreram alterações ao longo do tempo em questão, em geral novas áreas construídas, e não mudança para áreas que se mantiveram inalteradas. É possível perceber uma maior alteração direcionada a zona oeste do município, pois a área central e norte é em si bastante consolidada, mas isso não descarta algumas mudanças internas ocorridas nessas áreas.

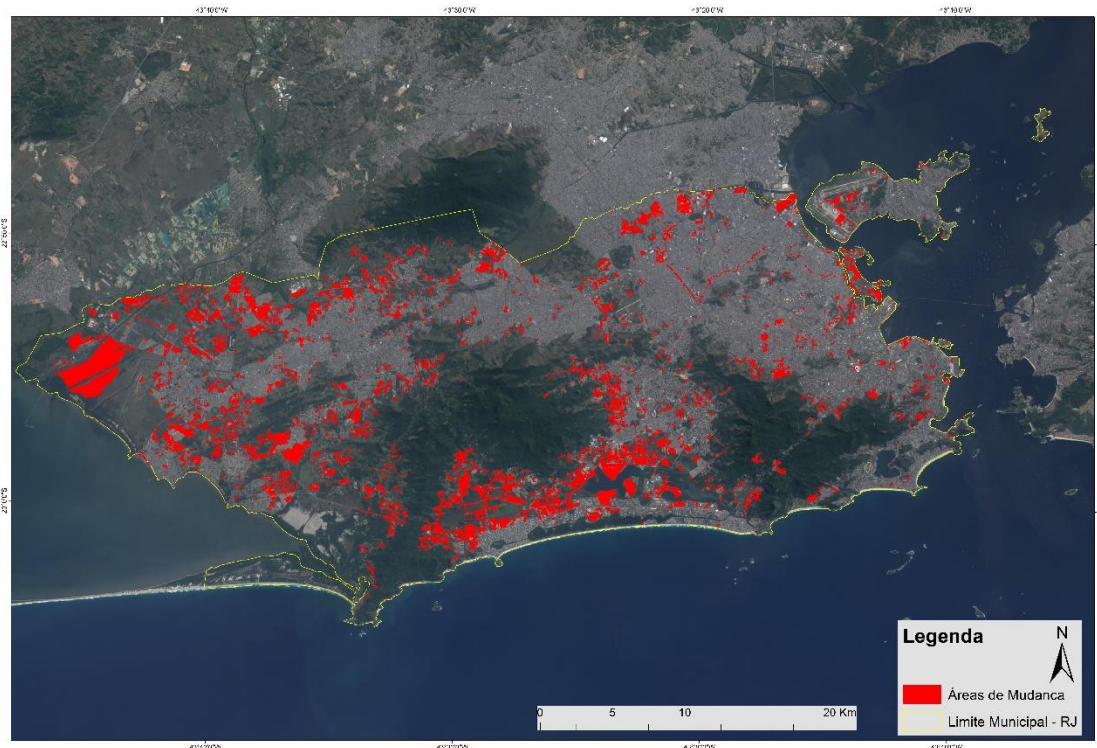
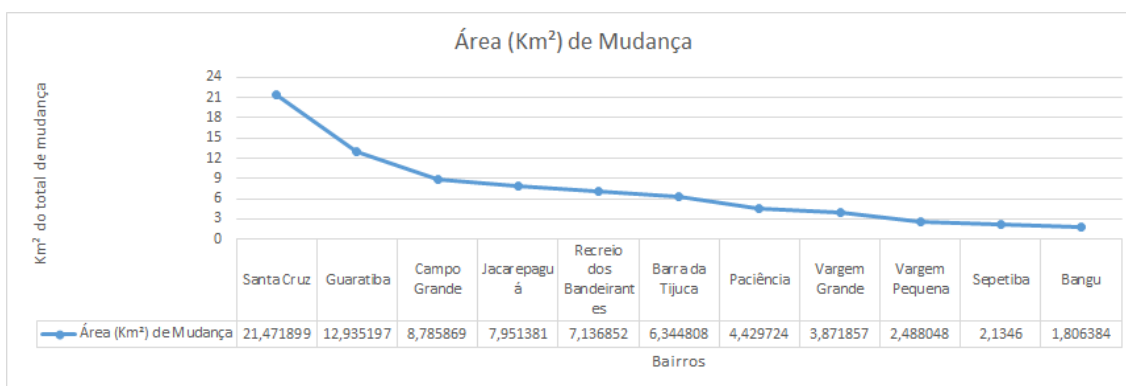


Figura 9: Mapa de mudança das áreas construída de 2000 a 2015.

Considerando as mudanças absolutas, ou seja, o total de área alterado por bairro no município, é possível verificar bairros com processos bastante severos. O gráfico 4 aponta forte incremento urbano em Santa Cruz e Barra da Tijuca.

Ao considerar as áreas de planejamento, a AP 4 contribuiu para as maiores mudanças no período. O Gráfico 3 apresenta uma análise quantitativa de algumas áreas com mudanças segundo alguns bairros do Rio de Janeiro.

Gráfico 3: Área em Km² de mudança de alguns bairros que se destacaram



As Áreas de Planejamentos (AP) 4 e 5 se destacam nas mudanças, sobretudo com os bairros de Santa Cruz, Barra da tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Paciência e Sepetiba, indicando um maior investimento em construções direcionado a zona oeste onde ainda há áreas passíveis de ocupações.

Em Santa Cruz, houve a instalação em junho de 2010 da Thyssenkrupp CSA – Companhia Siderúrgica do Atlântico, localizada no Distrito Industrial de Santa Cruz (Rio de Janeiro –RJ).

Mesmo que as alterações nos demais bairros sejam pequenas considerando a extensão da cidade, uma análise considerando a área relativa dos bairros, mostra que tais mudanças são significativas em escala local. Ao analisar a escala de bairros, diversos bairros possuem um mínimo de 10% de mudança, enquanto outros chegam a mais de 30% de mudanças internas.

3.3.2 Datação do Período da Mudança

A etapa posterior consistiu na identificação da datação específica de cada área de

mudança descrita anteriormente. Sendo possível entender melhor as dinâmicas internas na cidade do Rio de Janeiro.

Para isso, identificou-se quando a mudança (de área natural para área antrópica) ocorreu. Os descritores utilizados estão representados na figura 7 acima no tópico 2.2.2, onde é exposto sobre a segmentação e modelagem do conhecimento. A Tabela 3 detalha os descritores utilizados para cada ano. O ano de 2015 não recebeu descritores, seu operador foi a inversão da similaridade com 2010.

Tabela 3: Detalhamento dos descritores dos anos 2000, 2005 e 2010

Classe	Descritor	Intervalo
2000	NDBI	-0,351 - 0,163
	NDVI	0,08 - 0,3
2005	Infravermelho/vermelho	0,674 - 2,933
2010	Infravermelho/vermelho	0,670 - 1,486
	Infravermelho/vermelho	0,774 - 1,915

Observa-se que apesar de representarem o mesmo princípio (razão entre bandas, banda 4 pela banda 3, de cada ano), seus valores são semelhantes. Isso se dá pois apesar de serem imagens diferentes, foram submetidas a etapa de normalização, para ajustar as respostas espectrais dos alvos nas cenas utilizadas. Caso não fosse realizado esse procedimento, os intervalos de respostas apresentariam uma maior discrepância entre as cenas.

O ano de 2000 foi modelado de forma separada, já que foi considerado como ano inicial e de base para identificar as demais áreas alteradas no recorte espacial adotado.

O mapa final com os períodos de percepção do processo de mudança de áreas construídas é ilustrado na Figura 10.

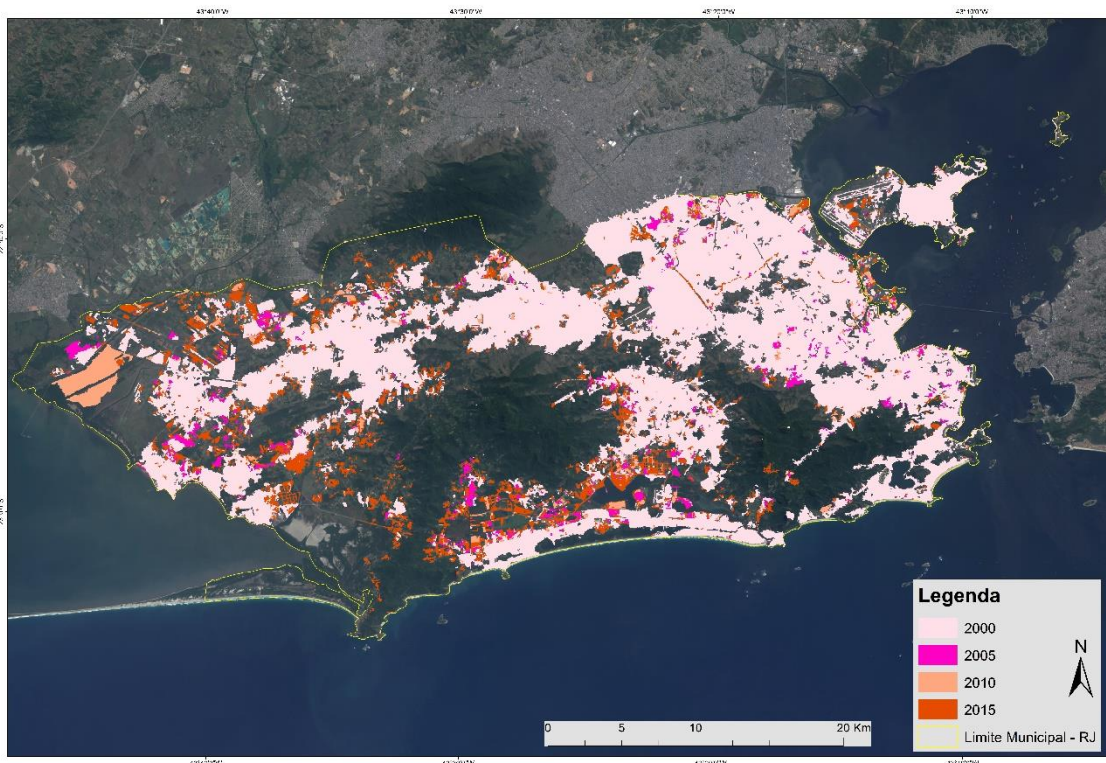


Figura 10: Mapa temático de percepção da mudança no período de 2000 a 2015

Espacialmente é visível a concentração de áreas com mudança na cobertura após 2010, na porção oeste do município.

3.3.3 Avaliação do Mapeamento

Todos os mapas gerados necessitam de avaliação para garantir uma mínima confiança ao processo metodológico aplicado, e sobretudo, maior credibilidade no produto gerado. Usualmente a melhor forma de se avaliar um mapa se dá por meio reconhecimento das áreas durante atividades de campo. No entanto, no âmbito de uma pesquisa temporal, onde se identificam áreas de mudança, é impossível reconstruir fisicamente o estado de determinado local há 15 anos atrás.

Com isso, no presente trabalho optou-se por considerar as imagens de satélites como referências para a avaliação do mapeamento, com suporte do Google Earth em casos específicos. Pois utilizar apenas o Google Earth também se mostrou inviável, uma vez que a cobertura de imagens de alta resolução não está disponível para todo o intervalo temporal

da pesquisa.

Para avaliar o mapeamento, ou seja, as áreas mapeadas como mudança em suas respectivas datas. Utilizou-se a análise dos 1195 pontos aleatórios, distribuídos de forma proporcional as áreas de cada classe, como mostra a Figura 11. Esses pontos foram escolhidos de forma proporcional a área de cada classe.

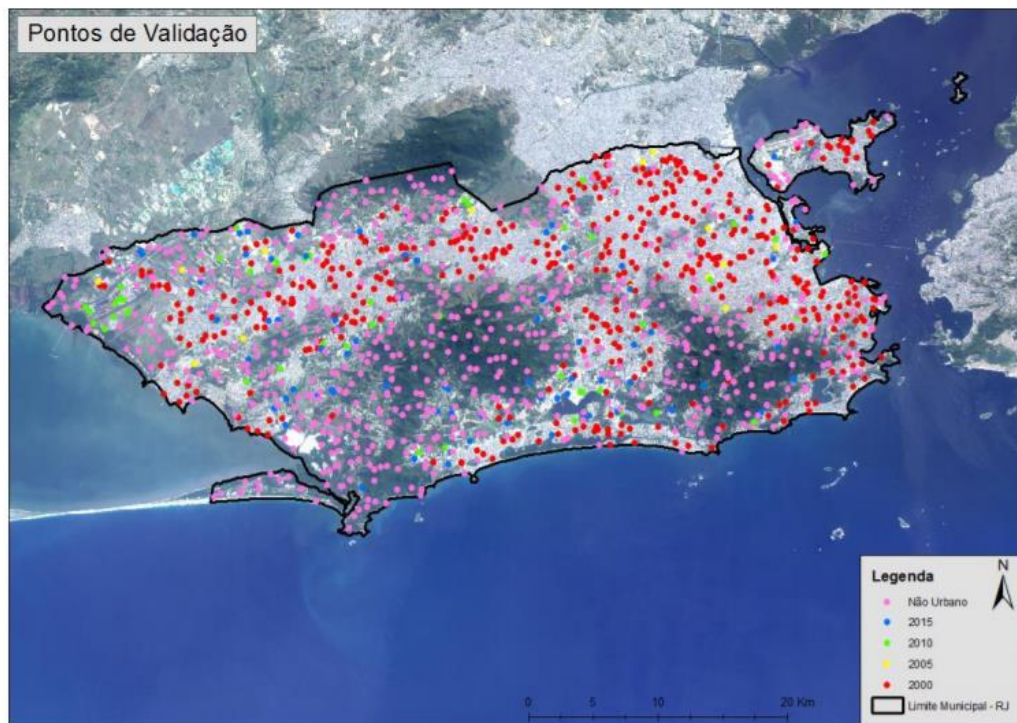


Figura 11: Imagem representativa dos pontos usados para a validação do mapa temático

O resultado da avaliação aponta uma exatidão global de 90,87% de acerto. Observou-se que a maior quantidade de erros foi encontrada na classe “Não_Urbano”, o que aponta para os erros de omissão. Para essa classe foram distribuídos 600 pontos, tendo 77 pontos de erro de omissão. Sendo ainda um bom percentual de acerto, com exatidão global de 87,16%.

Outra forma de avaliar um mapeamento seria a adoção do índice kappa, criando-se uma matriz de confusão das amostras, entre as classes. A Tabela 4 foi elaborada para calcular o índice.

Tabela 4: Cálculo do índice Kappa

Classificação	Not	Referência				Amostra
		2000	2005	2010	2015	
Not	533	34	10	10	23	610
2000	11	449	0	0	0	460
2005	2	2	11	0	0	15
2010	2	3	2	37	1	45
2015	2	4	1	2	66	75
nti	550	492	24	49	90	1205
kappa1	0,850895		Var(kappa: 0,000179			
exat. total	0,909544					

A imagem detalha melhor o acerto de cada classe. Tendo apenas duas classes (Not, 2005) com os valores abaixo de 0,8 (0,76 e 0,72), que embora mais possuam uma resposta mais baixa que as demais classes, ainda é um valor razoável. No entanto, obter um kappa de 0,95, 0,81 e 0,87 demonstra um ótimo resultado. E mais, sob uma perspectiva holística o mapeamento obteve uma resposta excelente, com o kappa de 0,85 e exatidão total de 0,90.

A metodologia seguida na presente pesquisa, classificou primeiro as áreas de mudança, e depois classificou o urbano em 2000. Após uma reflexão sobre os resultados analisados, é plausível considerar que classificando as áreas urbanas de 2000, o ano base, e depois as mudanças, evitaria alguns erros de confusão.

Em geral, todo mapeamento precisa passar pelo trabalho de edições manuais. As áreas de mudança foram editadas. No entanto da área de mudança original (109,41 km²), apenas 11,18 km² foram editados. Tendo como área resultante 109,41 km² de mudança no município Rio de Janeiro.

3.3.4 Análise Espacial e descritiva das Áreas com Mudança na Cobertura do Terra com GEOBIA

As Figuras 11 a 17, são alguns exemplos obtidos na detecção de mudança. É

possível perceber a evolução e mudança na cobertura em alguns casos.

O Parque Ambiental da Praia de Ramos Carlos Roberto de Oliveira Dicró, conhecido como Piscinão de Ramos, foi inaugurado em dezembro de 2001. Ele foi cenário de novela, e um dos principais lugares de lazer da zona norte do município do rio. Com sua instalação, o deslocamento para lazer começou a tomar outras direções, e centralizar em parte para Ramos (Figura 12). O piscinão obteve seu valor popular, e agregando a ele emoções e definindo assim um lugar, onde a população teria acesso e desfrutaria. Atualmente por falta de verba e manutenção, o piscinão de Ramos está abandonado. O que gera outros impactos.



Figura 12: Exemplos de mudança em Ramos e no Fundão

Concomitante ao processo anterior, em 2010, a Petrobrás inaugurou um centro de pesquisas sustentável no fundão (Cidade Universitária, na Ilha do Fundão). Tal instalação foi destinada a atender as demandas tecnológicas da própria empresa, com diversos laboratórios e investimentos em áreas como biotecnologia, meio ambiente, gás e energia. Esse investimento teve como um de seus objetivos a ampliação da capacidade experimental do parque tecnológico brasileiro.

A multinacional Iron de Mountain tem instalações no Brasil, e no período entre 2005 e 2010 podemos ver a instalação da empresa no bairro de Cordovil, e uma posterior

ampliação em 2015. Demandando de grande quantitativo de obra, gerando emprego a população local e arredores (Figura 13).

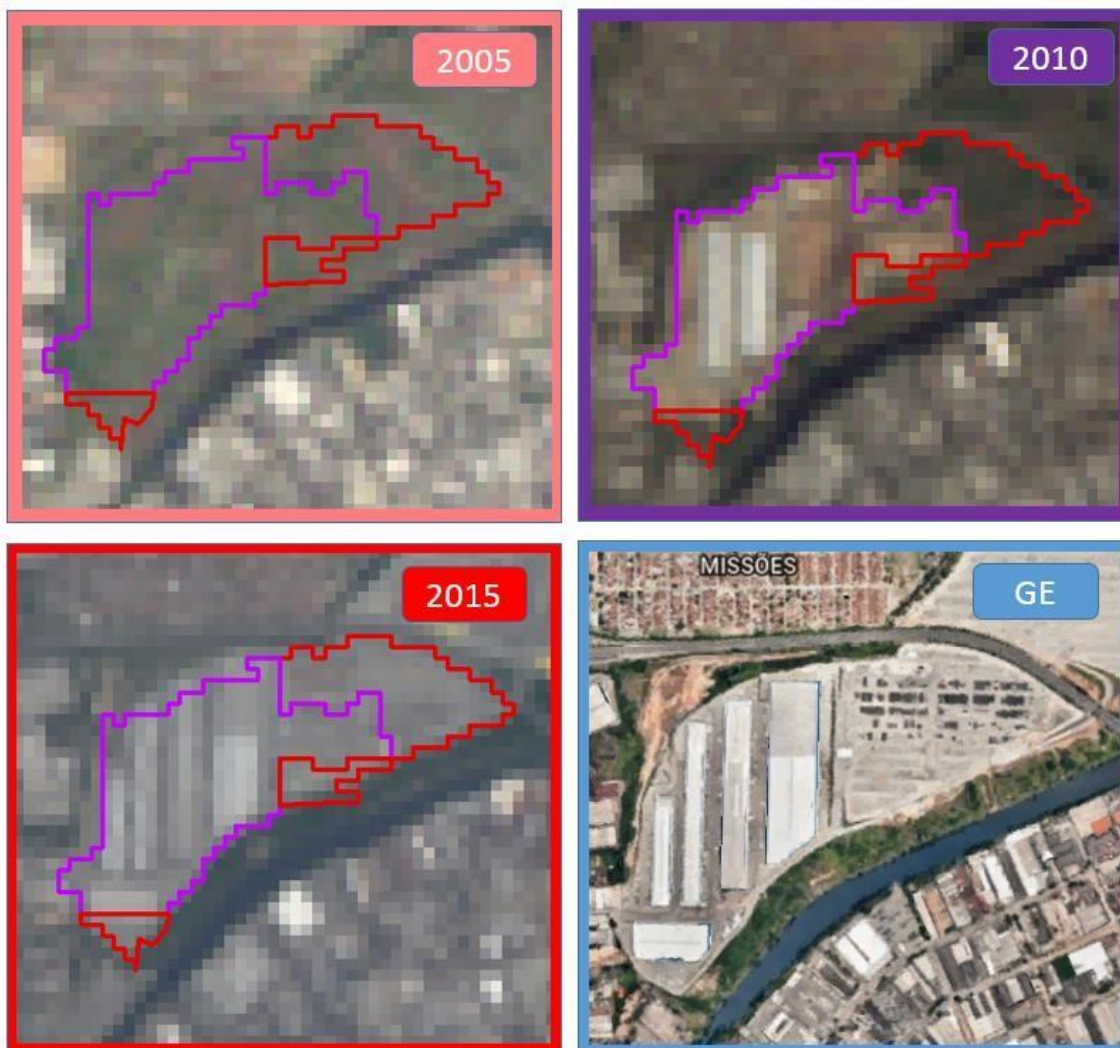


Figura 13: Exemplo de mudança em Cordovil

O bairro de Barros filho também apresentou um alto grau de mudanças. Dentre elas, a Figura 14, exemplifica parte da mudança interna no bairro.



Figura 14: Exemplo de mudança em Barros Filho

A mudança apresentada é um exemplo de instalação de conjunto habitacional, onde sua edificação no “Google Earth” aparece a partir de 2011. Os prédios possuem a característica de construção padronizada, como é representado na figura abaixo. A Figura 15 é uma fotografia obtida a partir de captura de tela da função “street view” do “Google Earth”.



Figura 15: Imagem do Google Street View de Barros Filho

O bairro Recreio dos Bandeirantes localizado na região administrativa da Barra da Tijuca, também sofreu uma elevada transformação interna nesse período de 15 anos. A Figura 16 demonstra tais alterações por período.



Figura 16: Mudanças no Recreio dos Bandeirantes

Nesse período o Recreio recebeu instalação de novos prédios habitacionais como o Life, Jardim Máximo, Luxo e Conforto e Condomínio Onze Breeze, além de restaurantes e resort. Os padrões das moradias estabelecidas apresentam inúmeras diferenças das que foram encontradas em Barros filhos. A Figura 17 exemplifica o catálogo Panorâmio com acesso via Google Earth a respeito de uma das edificações.

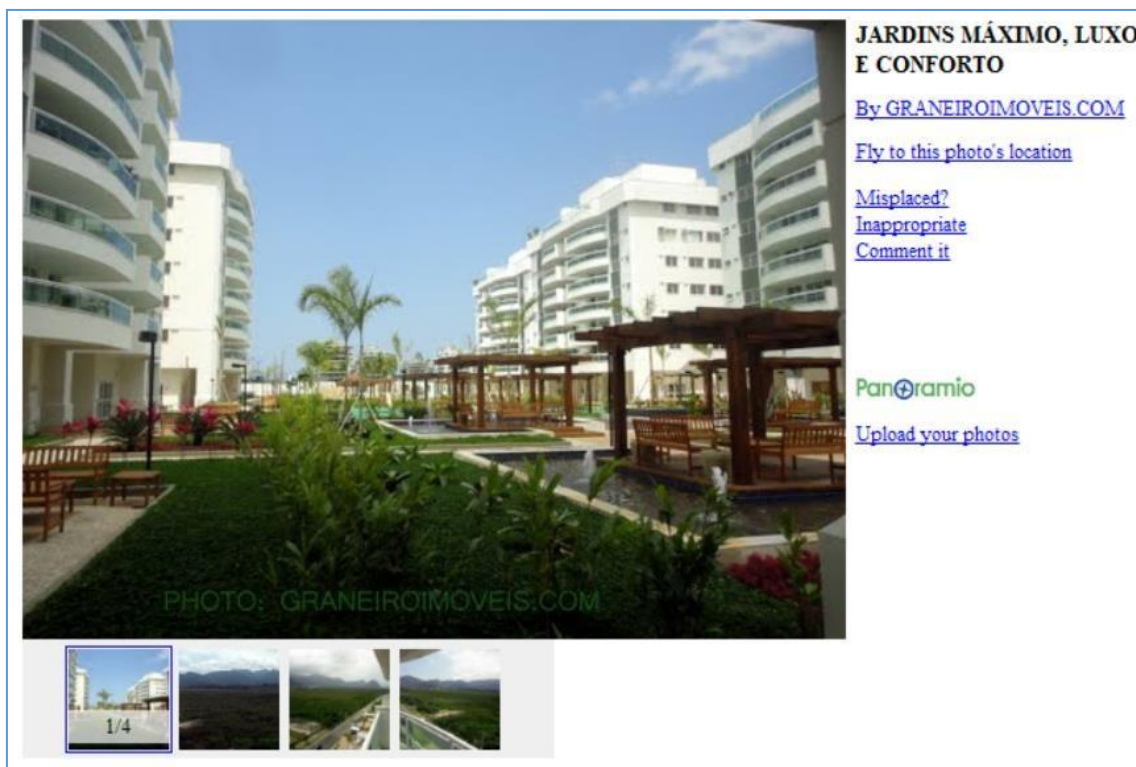


Figura 17: Imagem do Google Earth a respeito de uma das áreas de mudança

Tais diferenças evidenciam a disparidade social que encontramos dentro do município do Rio de Janeiro. Difere, entre outros aspectos, em localidade, padrão, qualidade de vida, segurança, investimentos sociais. Essas diferenças, exemplifica o que Harvey (2013) expõe ao dizer que a qualidade de vida urbana tornou-se uma mercadoria para quem tem dinheiro.

Outra detecção de mudança bastante interessante compreende a implantação do BRT, figura 18, inaugurado em 2014. Tais obras geraram muitas mudanças internas na cidade. Alguns ônibus saíram de circulação como por exemplo 831 (Colônia x Joatinga - via Barra sul) e 897A (Alvorada x Ayrton Senna), ou tiveram suas rotas alteradas em virtude das linhas alimentadoras do sistema BRT, como a linha 918 inicialmente Bonsucesso x Bangu via Madureira, foi dividida em duas, 918 atualmente é do Bangu x Madureira e passou a existir a linha 618A Vaz Lobo x Bonsucesso, onde "a" significa alimentadora do BRT.

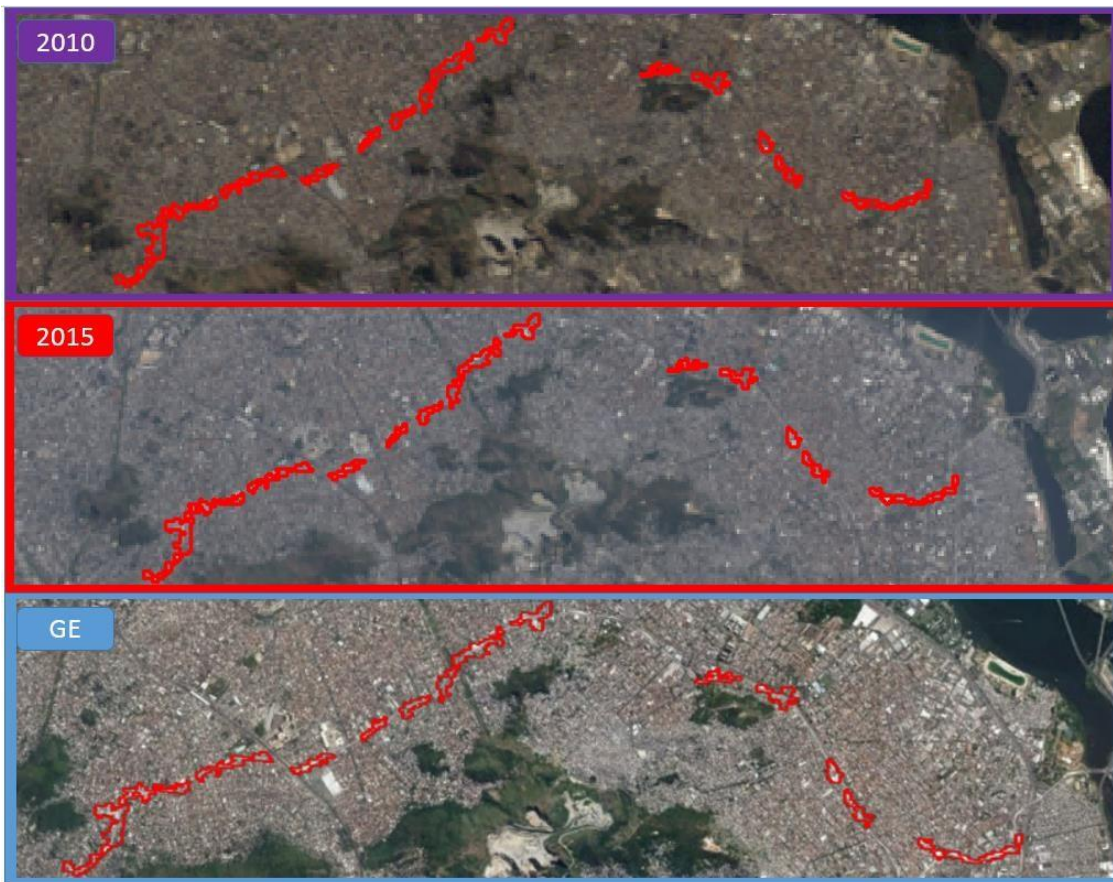


Figura 18: Percepção da mudança na implantação do BRT

“O BRT tem sido implementado na rede de transporte regional da cidade do Rio de Janeiro como uma tecnologia capaz de lidar com a falta de fluidez nos deslocamentos em direção à área nobre da zona oeste, zona sul e centro, problema intensificado entre os anos de 2000 e 2010..” (Mello, 2014)

Vale ressaltar que nem toda a população é atendida pelo sistema do BRT. E muitos moradores e pequenos comércios sofreram com a segregação imposta a eles em virtude das obras realizadas, e ainda com o aumento de número de conduções, conseqüentemente o aumento do gasto para se deslocamentos diários que outrora usava se apenas um ônibus.

Com os exemplos apresentados pode-se perceber os diferentes agentes modeladores urbano em funcionalidade, e o espaço urbano sendo produzido de forma dinâmica, se fazendo e refazendo segundo a conveniência dos interesses governamentais de reorganização interna, e necessidade da população de, entre outros aspectos, se estabelecer, de se locomover, de ter lugares recreativos.

Fica então cada vez mais claro o que Milton Santos define sobre o urbano ser o abstrato, o geral, o externo, e a cidade como o particular, o concreto, o interno. Pois foi possível analisar o urbano, a macha em expansão, e a cidade com um olhar interno de significância e importância espacial e social. Entendo que tais mudanças são reflexo de conjuntos de ações não identificáveis nas imagens e que por sua vez, também causarão outras mais relações em virtude das modificações materializadas nos mapas.

Gerar esses mapas, analisar o que tem mudado nas formas internas da cidade, são subsídios riquíssimos para um estudo posterior e mais aprofundado do conhecimento interno da cidade, os tipos de funções que as formas assumem, o tipo de população que utilizam as mudanças encontradas, a movimentação que isso implica, tanto de capital quanto de pessoas.

3.4 - Considerações Finais

Em relação ao mapeamento da mudança da mancha urbana na cidade do rio de janeiro, percebe-se questões relevantes em relação a técnica utilizada e ao fenômeno analisado.

Referente ao pré-processamento das imagens, verificou-se que o processo de normalização é fundamental para garantir uma boa análise da dinâmica espacial, pois permite comparar imagens com diferenças radiométrica, diferentes datas, e diferentes sensores (TM e OLI). Ao se aplicar a técnica de detecção de mudanças, utilizando o GEOBIA, a sua adoção é importante para permitir a integração de dados.

Outro aspecto importante da segmentação, indica sua importância, que precisa ser

executada com cuidado e atenção, pois ela delimitará seus objetos. O objeto bem delimitado é fundamental para uma boa modelagem de conhecimento, pois ele delimita pixels com semelhança espectral, quanto pior for essa delimitação, maior será a confusão entre os objetos. Consequentemente caso não seja feita de forma estudada, a mesma acarretará problemas nas etapas futuras de modelagem e classificação, aumentando significativamente a necessidade de edição manual.

Considerando o ambiente urbano composto de diversos materiais (asfalto, telha, cimento, vidros, amianto, alvenaria, madeira, entre outros) com composições diferentes e assim com respostas espectrais diferentes, fazem dele um alvo de estudo complexo, exigindo maior esforço do analista.

A datação do período de mudança se revelou uma etapa desafiadora, no entanto extremamente satisfatória. A possibilidade de se avaliar a dinâmica e sua temporalidade do espaço urbano, nos permite fazer futuras análises mais aprofundada dos processos e formas encontrados nas cidades, e abre inúmeras possibilidades de estudos e reaplicabilidade metodológica para outros lugares e datas.

O uso do GEOBIA foi substancial para o desenvolvimento da pesquisa, pois essa técnica permite trabalhar em diferentes níveis de segmentação, com diferentes dados, e com diversos tipos de descritores, permitindo criação de novos índices, e a possibilidade de avaliar sua representatividade nas classes.

Os descritores que apresentaram os melhores resultados na detecção de mudança foram a amplitude do NDWI e NDVI, diferentemente do esperado, que seria a amplitude do NDBI, já que se tratou de áreas construídas. Isso é possível por ter sido trabalhado em ambiente de orientação a objetos, GEOBIA, que nos permite estudar e avaliar, e sobretudo utilizar diferentes tipos de descritores para um alvo específico.

É fato que todo mapeamento precisa de um esforço de edições. Assim, o houve a necessidade de se realizar edições manuais para adequação. A diferença do valor de áreas editadas foi relativamente razoável se comparado com a área modelada. Corroborando novamente com os benefícios e vantagens de se optar pelo GEOBIA. E mesmo com alguns erros de omissão (observar classe “Não_Urbano”), o índice kappa foi satisfatório (0.8509).

No tocante das análises qualitativas, a pesquisa proporcionou a possibilidade de investigações interna de forma mais aprofundada e temporal. Abrindo possibilidades de novos estudos específicos em cada área de planejamento, região administrativa e bairros.

Estudos esses que demandarão maior tempo de jornada pois o ambiente urbano sofre alterações constante em sua dinâmica.

IV - DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO URBANO NO RIO DE JANEIRO, ENTRE 2000 E 2015, COM SUPORTE DA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE – GEE

4.1 - Introdução

Muitos estudos buscam ampliar o conhecimento sobre as causas e consequências nas mudanças sobre a cobertura da terra. Eles iniciaram por incentivo do crescente do desmatamento de florestas já na década de 70, e atualmente seguem sobre o fomento de novas demandas. Atualmente, outros fatores como: a diminuição da biodiversidade, a emissão de gases tóxicos e/ou a perda e degradação do solo, figuram entre as questões que demandam aprofundamento sobre a dinâmica na cobertura da terra (e também do uso).

Nesse sentido é importante reconhecer que há uma forte mudança nas relações sociais, políticas e ambientais, que figuram como produtores dessas mudanças. Discutir a interferência dos agentes nesse contexto é outro ponto chave a considerar.

Faz-se necessário interpretar no tempo, as causas e consequências das mudanças na cobertura da terra. Porém, o primeiro passo desse processo diz respeito à identificação dessas mudanças que se dá pelo mapeamento temático. Para realizar essa identificação observa-se o caráter multidisciplinar das etapas metodológicas, com a participação de diversas ciências e especialistas envolvidos. Na atualidade, observa-se que o mapeamento temático evoluiu em sua forma tradicional de classificação (considerando novas técnicas como o GEOBIA, novos insumos como imagens de satélite cada vez mais detalhadas, entre outras), para o uso de plataformas on-line, ou computação na nuvem. Uma plataforma de computação em nuvem pode ser definida como um ambiente que permite acesso sob demanda e uma junção de recursos computacionais que podem ser rapidamente liberados e fornecidos com o mínimo de esforço de gerenciamento, como CPU, memória, capacidade de disco, entre outros (MELL, 2009).

A computação em nuvens está se tornando uma das principais ferramentas da área de Tecnologia de Informação – TI com enorme potencial para o mapeamento temático. Trata-se da possibilidade de analisar dados, e gerar informação de forma mais rápida, com acesso

compartilhado, integrado e enfoque central baseado em serviços via web.

Para a computação na nuvem o termo “serviço” representa a capacidade de acessibilidade a qualquer momento, e em qualquer local, por meio de um dispositivo computacional que estabelece conexão com a internet (computador, notebook, smartphone), (INTEL, 2013). Conforme as necessidades dos usuários e especialistas observa-se três modelos de serviços principais: Software as a Service (SaaS), Plataforma as a Service (PaaS) e Infrastructure as a Service (IaaS). Dentre os principais modelos citados, a plataforma Google App Engine se destaca com potencial para a geração de mapeamentos temáticos da cobertura da terra pois se configura como uma “*Plataforma as a Service*”. A Plataforma como Serviço consiste no oferecimento da infraestrutura de apoio ao desenvolvimento de uma aplicação.

Deve-se ainda destacar que o volume crescente de dados e disponibilização de acervos com imagens de satélite traz a reflexão sobre o conceito de Big Data. Em especial o conceito de Big Data surge como um indicativo do uso massivo de dados (em várias áreas do conhecimento), em um contexto de ampliação do volume, velocidade e variedade dos mesmos.

Nesse contexto, o uso da *Plataforma as a Service (Google Earth Engine - GEE)*, possibilita a geração rápida de mapas temáticos (em especial a cobertura da terra), a partir de um grande volume de dados disponível na web, de forma acessível e rápida, com consumo de processamento na nuvem. O Google Earth Engine (GEE) possui uma interface amigável e intuitiva, permitindo o usuário comum desenvolver um código em JavaScript ou Python, para a execução de mapas temáticos, dentre outras aplicações. O Google Earth Engine é uma plataforma de computação com várias interfaces, dividida em três grandes conjuntos: o *Earth Engine Code Editor* (ferramenta web para escrever e executar scripts), o *Explorer Earth Engine API* (aplicativo web leve para explorar o catálogo de dados e executar análises simples – indicado para usuários leigos), e as *Bibliotecas* Python e JavaScript (que dão suporte à configuração de novos códigos).

Em resumo, o presente capítulo busca identificar o potencial do Google Earth Engine (em especial o *Earth Engine Code Editor*) como ferramenta de apoio à detecção de mudanças em áreas urbanas. O objetivo é identificar as mudanças na área urbana do Rio de Janeiro com o intervalo de 5 anos, num período de 15 anos, entre 2000 e 2015, utilizando a plataforma

Google Earth Engine – GEE.

O Google Earth Engine dispõe de um grande acervo de imagens com importante variação temporal, o que permite a realização de monitoramentos. A plataforma apresenta enorme volume de imagens dos satélites Landsat, Sentinel 1 e MODIS, além de acervo geofísico, climático e demográfico, facilitando a integração entre os dados. Utilizando o GEE o usuário não precisa baixar os dados para a máquina em uso, e ocupar memória em disco. Há a necessidade de uma boa conexão com a internet e um conhecimento prévio básico de linguagem de programação como JavaScript ou Python. A Figura 19 destaca a apresentação padrão do GEE.

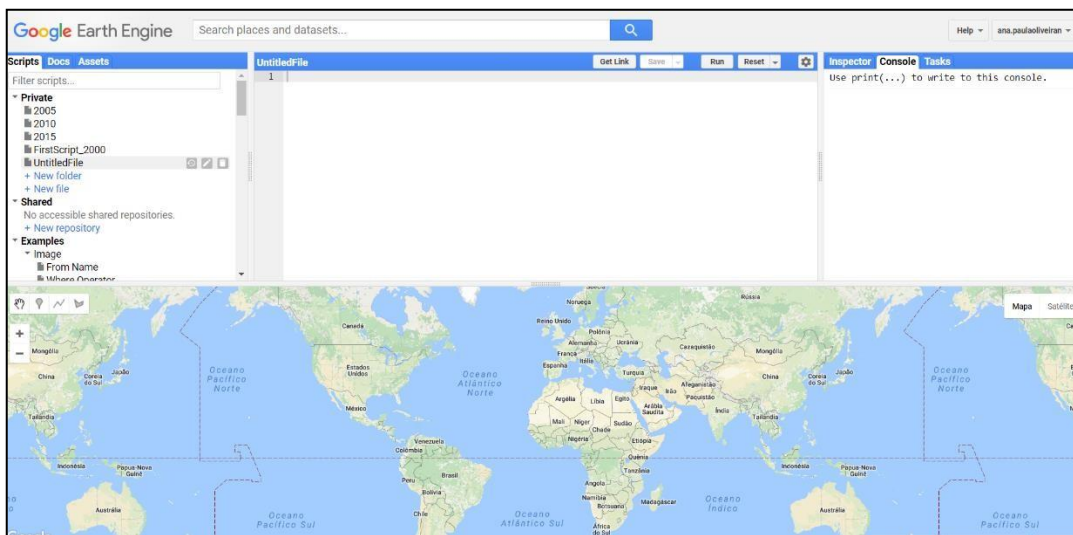


Figura 19: Apresentação web do GEE

Cada vez mais se observa o interesse de diversas instituições no mundo buscando conhecer e adotar o GEE. **Matthew Hansen et al** (2016), desenvolveram um sistema de alerta para monitorar distúrbios em cobertura florestal tropical húmida utilizando imagens do Landsat 7 e 8. Eles apresentam e analisam a metodologia utilizada em três áreas de estudo durante 2014 e parte de 2015. Toda a pesquisa foi processada na plataforma GEE viabilizando a análise já que o volume de dados se mostrou enorme e o processamento tradicional seria muito vagaroso. A JRC European Commission, USGS Science for a Change World, World Resources Institute, Desert research Institute, Imazon, CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) estão entre outras instituições que já adotaram o GAE em suas pesquisas. Uma das grandes vantagens da plataforma é a possibilidade de realizar mapeamentos

temáticos utilizando algoritmos já implementados como o cálculo do NDVI por exemplo. A fácil interface possibilita um maior grau de interatividade de forma heurística, e com maior escalabilidade do processamento.

Um grande diferencial da plataforma é a possibilidade de trabalhar com Big Data. Onde o usuário acessa o banco de dados disponível, e pode fazer uso de uma vasta quantidade de dados, de diferentes fontes e interliga-los

4.2 - Metodologia

O presente capítulo foi essencialmente desenvolvido dentro da plataforma *Google Earth Engine Code*, com auxílio secundário de outros softwares, sobretudo na fase de análise dos resultados. As principais etapas da metodologia executada se apresentam no fluxograma em destaque na Figura 20.

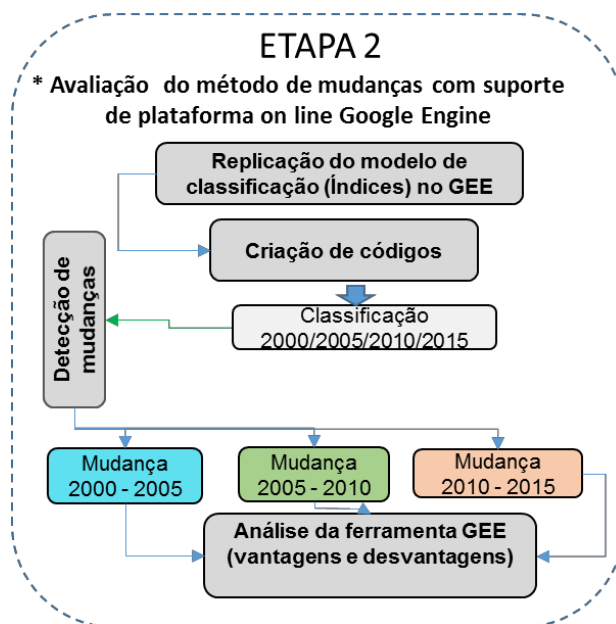


Figura 20: Fluxograma metodológico para a detecção de mudança com GEE

O primeiro ponto que merece ser destacado é o uso da linguagem de programação, e nesse caso a plataforma permite que o usuário use Python ou JavaScript (sendo essa a utilizada na pesquisa). Buscou-se replicar o máximo possível as etapas e insumos utilizados para o mapeamento e detecção de mudanças com a técnica GEOBIA indicados no capítulo III. No entanto, cabe destacar que as técnicas de classificação e mapeamento são

diferenciadas o que permite uma avaliação comparativa quanto a técnicas e resultados obtidos.

São indicadas as etapas metodológicas seguidas para a geração do mapeamento na plataforma GEE, bem como a apresentação dos códigos (Scripts) gerados. Trata-se uma análise pioneira tendo em vista o pouco conhecimento entre os especialistas no Brasil em especial. Não há material em português disponível encontrado, o que dificulta muito a propagação da ferramenta.

4.2.1 Seleção das Imagens Landsat

Todas as etapas de implementação da detecção de mudanças no GEE são realizadas por meio da configuração de códigos de programação, o código utilizado encontra-se em anexo (Anexo II). Foram selecionadas dentro do bando de dados do GEE imagens Landsat a partir do acervo disponível na plataforma. A plataforma nos permite aproveitar alguns modelos mas cabe ao especialista realizar as adaptações necessárias.

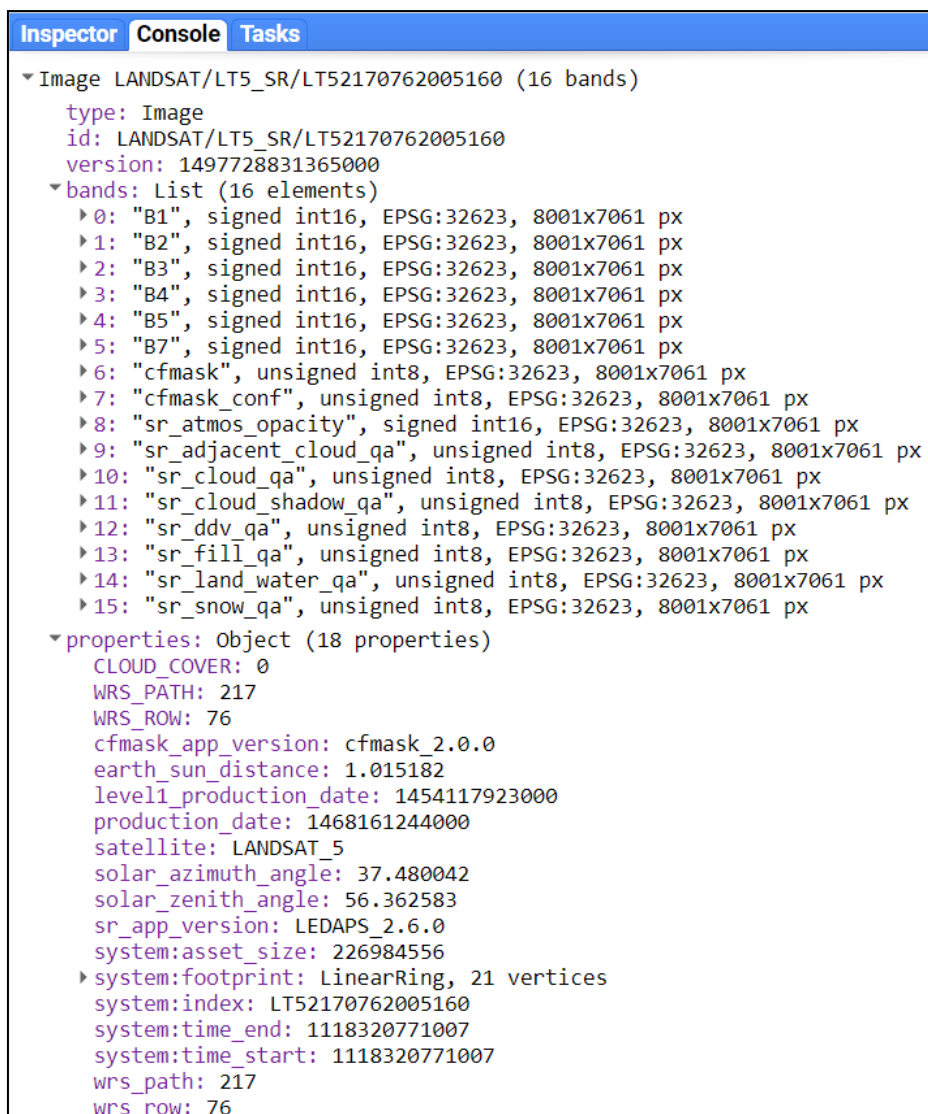
Os dados do raster são representados como objetos de imagem no Earth Engine. As imagens são compostas por uma ou mais bandas e cada banda possui seu próprio nome, tipo de dados, escala e projeção. Cada imagem possui metadados armazenados como um conjunto de propriedades.

Primeiro criou-se a variável “pt_RJ”, que recebe o valor da coordenada de um ponto localizado na área de estudo. Para então realizar a seleção da imagem que seria utilizada. A variável “RJ” identifica a melhor imagem dentro da coleção do Landsat 5, e foi utilizada para os anos de 2000, 2005 e 2010, o ano de 2015 sofreu um pequeno reajuste para que fosse utilizado a coleção do Landsat 8.

Essa variável (“pt_RJ”) recebeu filtros para chegar no objetivo final, de selecionar apenas uma imagem. O usuário pode atribuir diferentes parâmetros para que dentro de uma coleção de imagens, seja selecionada aquela que contém as propriedades estipuladas.

Então, dentro da coleção de imagens, gerou-se um filtro para imagens que possuíssem a coordenada especificada no “pt_RJ”, dentro da data estipulada, ordenada pela menor a maior quantidade de nuvens na cena, selecionando a primeiro. Com isso garantimos a opção de melhor cena dentro dos parâmetros que foram explicitados na plataforma. A Figura 21

mostra as características da cena para o ano de 2005.



```
Inspector Console Tasks
▼ Image LANDSAT/LT5_SR/LT52170762005160 (16 bands)
  type: Image
  id: LANDSAT/LT5_SR/LT52170762005160
  version: 1497728831365000
  ▼ bands: List (16 elements)
    ▶ 0: "B1", signed int16, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 1: "B2", signed int16, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 2: "B3", signed int16, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 3: "B4", signed int16, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 4: "B5", signed int16, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 5: "B7", signed int16, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 6: "cfmask", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 7: "cfmask_conf", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 8: "sr_atmos_opacity", signed int16, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 9: "sr_adjacent_cloud_qa", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 10: "sr_cloud_qa", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 11: "sr_cloud_shadow_qa", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 12: "sr_ddv_qa", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 13: "sr_fill_qa", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 14: "sr_land_water_qa", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
    ▶ 15: "sr_snow_qa", unsigned int8, EPSG:32623, 8001x7061 px
  ▼ properties: Object (18 properties)
    CLOUD_COVER: 0
    WRS_PATH: 217
    WRS_ROW: 76
    cfmask_app_version: cfmask_2.0.0
    earth_sun_distance: 1.015182
    level1_production_date: 1454117923000
    production_date: 1468161244000
    satellite: LANDSAT_5
    solar_azimuth_angle: 37.480042
    solar_zenith_angle: 56.362583
    sr_app_version: LEDAPS_2.6.0
    system:asset_size: 226984556
    ▶ system:footprint: LinearRing, 21 vertices
    system:index: LT52170762005160
    system:time_end: 1118320771007
    system:time_start: 1118320771007
    wrs_path: 217
    wrs_row: 76
```

Figura 21: Dados da imagem 2005

Após a seleção da imagem foi realizada a configuração para a visualização da mesma a partir de uma composição colorida. Considerando as áreas urbanas como os objetos de interesse para a detecção de mudança, optou-se pela configuração de uma composição colorida clássica em falsa cor.

O GEE retorna na plataforma a imagem selecionada na composição de falsa cor conforme destaca a Figura 22.

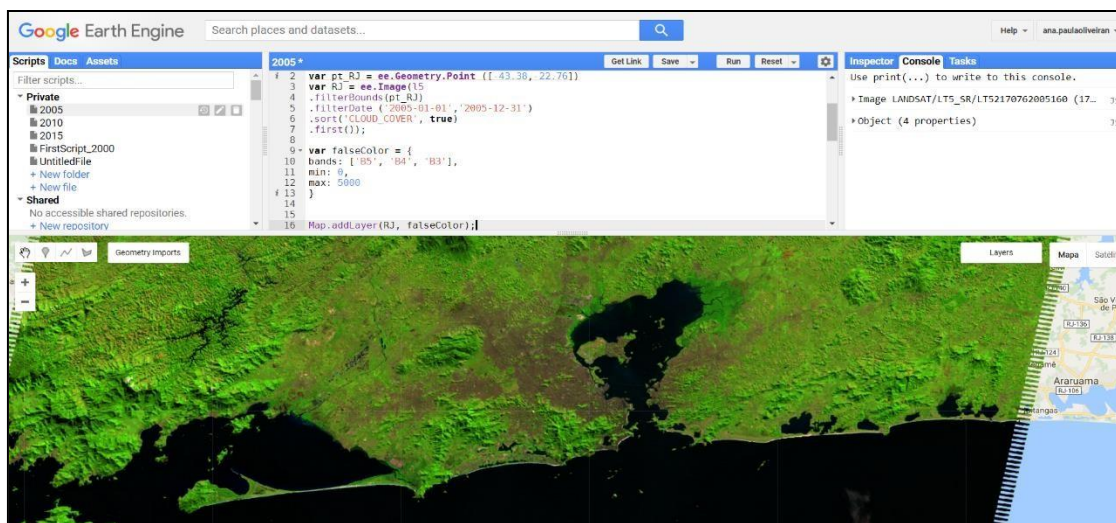


Figura 22: Imagens landsat 2005 na plataforma GEE

Após a importação e visualização das imagens iniciou-se a etapa de construção dos índices para a classificação.

4.2.2 Aplicação do Modelo de Classificação - Índices

Nesta etapa foi realizada a coleta de amostras para a geração da classificação e posterior mapeamento e detecção. Foram consideradas 4 classes: **Água**, **Urbano**, **Verde claro** e **Verde escuro**. A **Água** agrega todos os corpos hídricos (com sedimentos ou não, lagos, rios ou mar); O **Urbano** integra todas as áreas construídas, solo exposto, áreas de mineração entre outras classes; **Verde claro**, pastos e cultivos; e por fim, **Verde escuro**, como vegetação mais robusta.

As amostras foram selecionadas e simultaneamente importadas a partir da ferramenta “FeatureCollection”, formando um conjunto de pontos. Cada amostra recebe uma propriedade “Landcover” que representa um atributo particular na tabela, e o valor é dado de acordo com a amostra, por exemplo o urbano recebeu 0, a água recebeu 1, o verde escuro 2 e o verde claro 3.

A quantidade de amostra variou por ano, para o ano 2000, 32 amostras de água, 34 de verde claro, 44 de verde escuro e 70 de urbano. No ano de 2005 houveram 30 amostras de água, 71 de verde claro, 58 de verde escuro e 89 de urbano. Já em 2010 foram 50 amostras

de água, 28 de verde claro, 38 de verde escuro e 67 de urbano. E por fim, em 2015, utilizou-se 44 amostras de água, 41 de verde claro, 36 de verde escuro, e 44 de urbano.

Após selecionar as amostras, foram implementados os índices NDVI e NDBI (utilizados como descritores na análise de detecção tradicional), para auxiliar na classificação.

As variáveis “ndbi” e “ndvi”, receberam a função de diferença normalizada, já existente anteriormente na plataforma. Após a disponibilização dos índices, os mesmos foram adicionados ao conjunto de bandas constituintes na imagem “RJ”.

Após essa inserção elaborou-se a variável “bands”, onde foi apontado para cada camada possível de ser utilizada na classificação, ou seja, é a variável que agrupa as opções de descritores posteriormente utilizados na mineração de dados.

No decorrer da construção das amostras, cria-se um “layer” para cada classe pretendida, onde é definido as características daquela classe de amostras. Posteriormente cada “layer” de amostra é unificado (merge), sendo gerado um único layer com todas as amostras utilizadas na classificação. Após a preparação dos dados como descrito anteriormente, iniciou-se a função de classificação a partir da construção do *script* adequado visando a classificação das áreas urbanas.

Nessa fase foi utilizado mineração de dados através do algoritmo CART, que utiliza como parâmetros principais tudo o que fora construído no decorrer do escopo (as bandas, as amostras, as propriedades dos atributos das amostras, e o parâmetro “scale”). As cores para as classes podem ser tanto escritas por nome em inglês, como por exemplo, “blue” ou códigos da própria paleta de cores disponíveis, como exemplo, “#e5e065”.

Os arquivos gerados foram exportados para o Google Drive, e visando a minimização de ruídos no arquivo, por se tratar de uma classificação pixel a pixel, buscou-se o processamento de “clump” e “eliminate” no software Erdas.

Para se obter as datas de mudança oriundas da classificação para cada ano, foi necessário converter o arquivo gerado (raster) em formato binário. Essa etapa foi realizada no software ArcGIS por meio da ferramenta “Reclassify”. A nova matriz recebeu apenas dois valores que representaram “mudança” e “não mudança”.

4.3 - Resultados e discussões

As análises estão divididas em três categorias: 1. Análise do processo de classificação e detecção de mudança no GEE; 2. Análise dos resultados da classificação no GEE; e 3. Comparação com os resultados obtidos pela técnica GEOBIA.

4.3.1 Análise do Processo de Classificação e Detecção de Mudança no GEE

Sobre a implementação da classificação no GEE cabe destacar:

- Vale ressaltar que se trata de uma metodologia de classificação pixel a pixel. Onde é utilizado a mineração de dados para a geração da classificação. Trata-se de uma plataforma online, onde os dados são acessados na nuvem, e facilita a utilização de “big data”.
- Apesar de se recomendar um conhecimento prévio em linguagem de programação, a adoção da plataforma para a realização de mapeamentos se mostra acessível a todos. A geração dos scripts se tornaria mais rápida com um mínimo de conhecimento prévio do especialista, sobre linguagem Java Script ou Python, no entanto não é impossível sua adoção.
- Para a seleção das imagens a Plataforma utiliza o Código ID da mesma, sendo necessário buscar essa informação na fonte original;

- A realização de algumas etapas do pré-processamento deve ser melhor avaliada pois a execução de uma correção atmosférica por exemplo não pode ser verificada; Porém algumas acervos, como o da Landsat, disponibiliza as imagens com correção atmosférica.
- A seleção de amostras é um aspecto importante da análise. Após vários testes heurísticos, houve a necessidade de aumento do número de amostras coletadas para que o resultado da modelagem se mostrasse satisfatório, considerando as classes estipuladas. A Figura 23 destaca a distribuição das amostras na área de estudo.

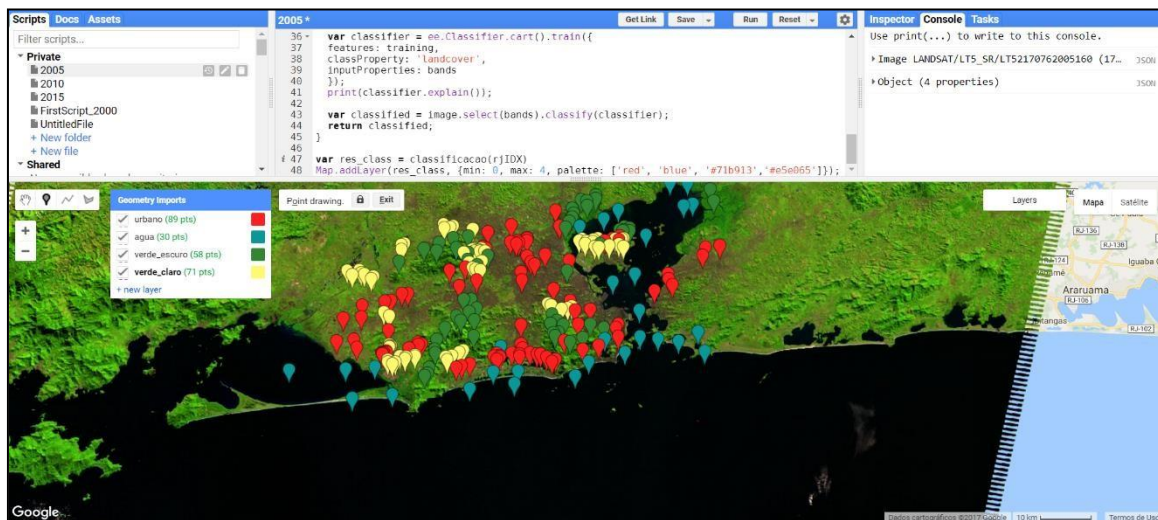


Figura 23: Distribuição de amostras pela cena, no ano de 2005

- A plataforma GEE permite que o usuário aperfeiçoe a seleção das amostras, uma vez que a interface interativa possibilita ao usuário pré-visualizar o resultado da classificação com as amostras selecionadas. Esta funcionalidade permite uma rápida verificação da qualidade do resultado, possibilitando a inclusão, exclusão e mudança das amostras quantas vezes forem necessárias. Isso é uma característica particular que acelera o processo e favorece um bom resultado.
- Não foi possível a realização da edição manual da classificação dentro da plataforma. Isso pode ser encarado como uma limitação, mas quando se pensa em trabalhar com “big data” perde o sentido a idealização do esforço de edição manual.

4.3.2 Avaliação do Mapeamento com GEE

A Figura 24 exemplifica o resultado da classificação obtidas para o ano de 2005.

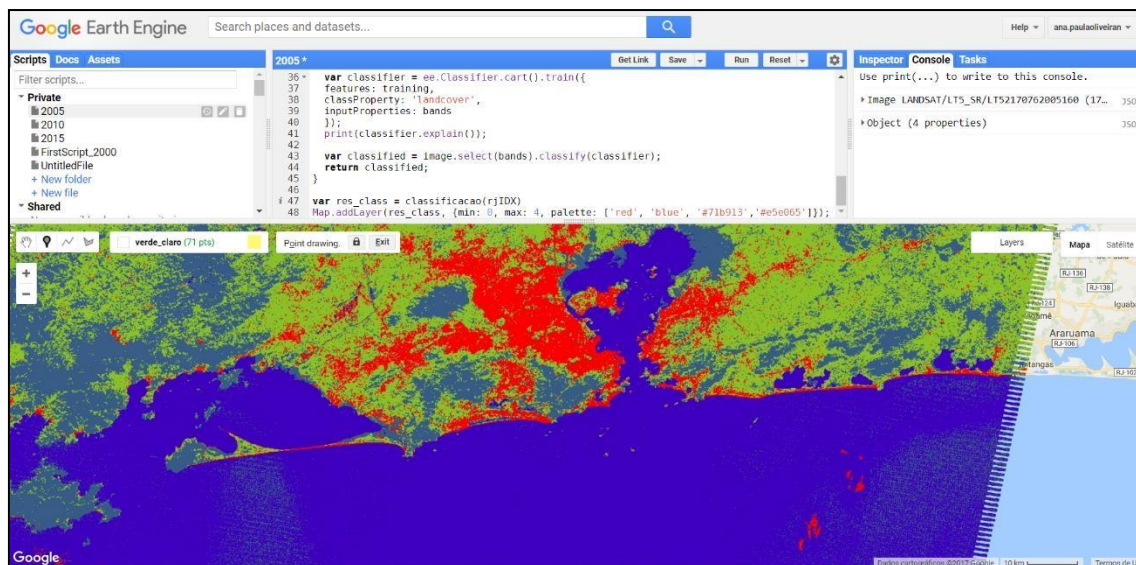


Figura 24: Demonstração da classificação obtida para o ano de 2005

A plataforma GGE disponibiliza uma árvore de decisão utilizada na mineração de dados para a classificação, como é exposto na Figura 25.

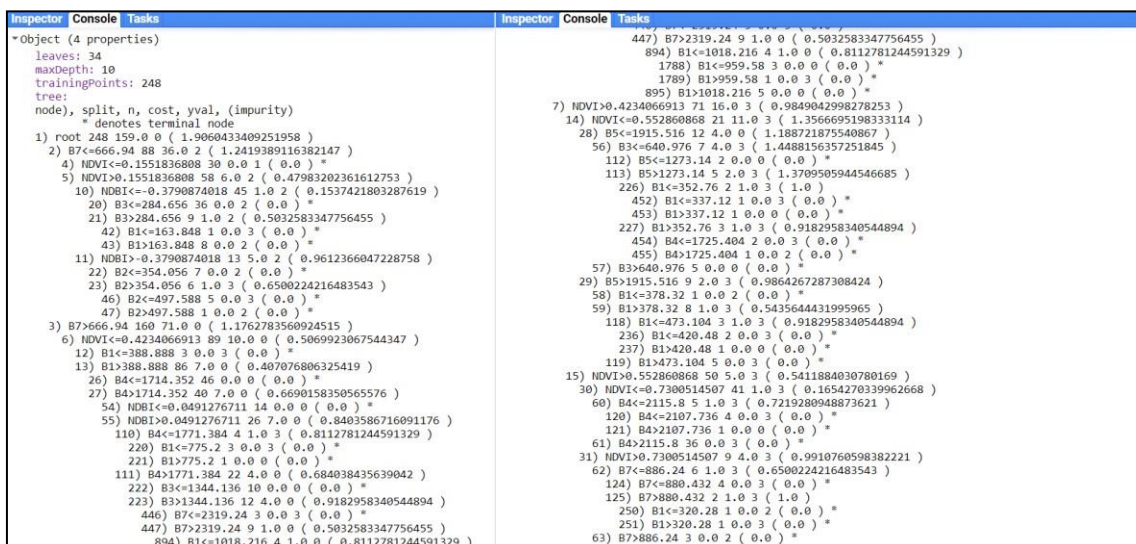


Figura 25: Árvore de decisão do minerador de dados

Apesar de ser uma árvore de mineração complexa, pode-se perceber que ele utilizou quase todos os descritores que foram disponibilizados, ou seja, fez uso das bandas e dos índices gerados na plataforma.

Como os mapas foram feitos de forma separada, a seguir segue uma sequência de

quatro imagens (figuras: 26, 27, 28 e 29) que representam a classificação realizada na plataforma para cada ano (2000, 2005, 2010, 2015)

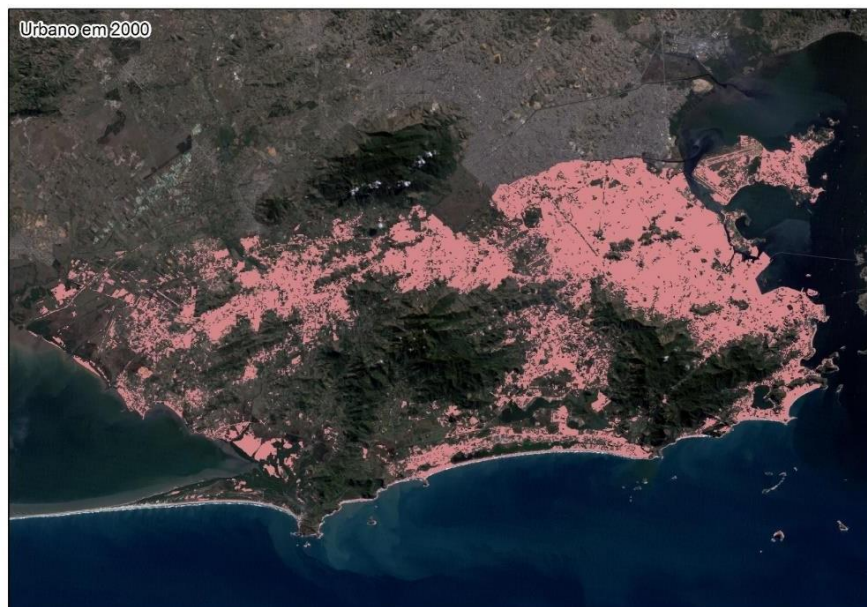


Figura 26: Classificação de áreas urbanas em 2000

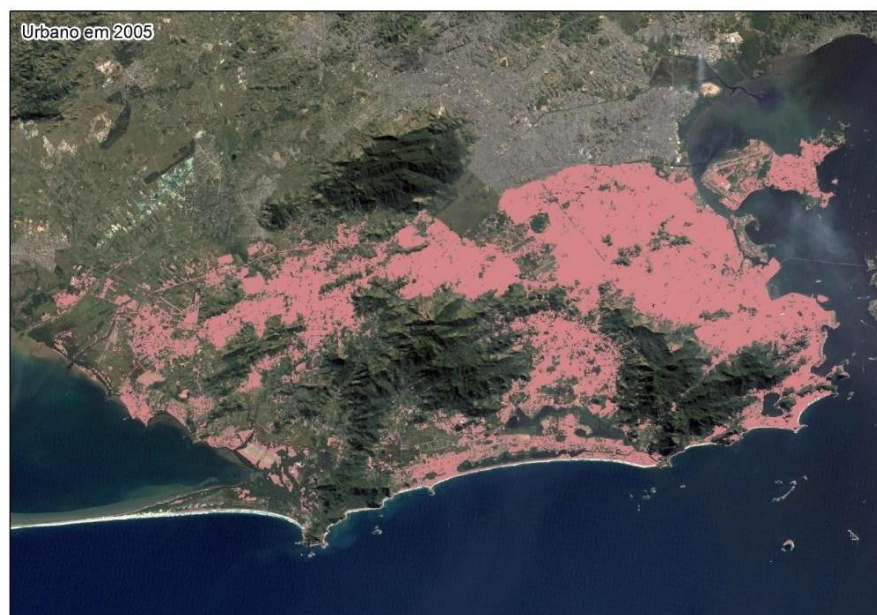


Figura 27: Classificação de áreas urbanas em 2005

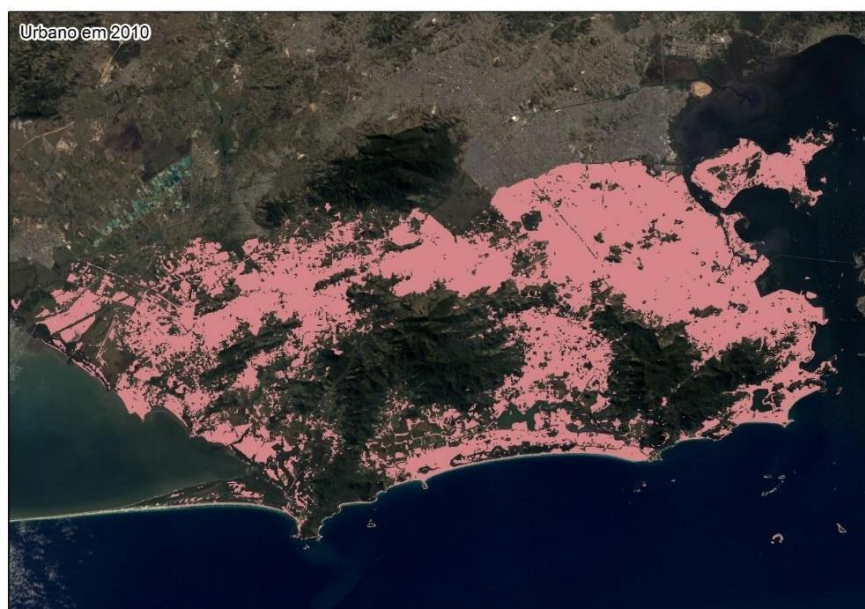


Figura 28: Classificação de áreas urbanas em 2010

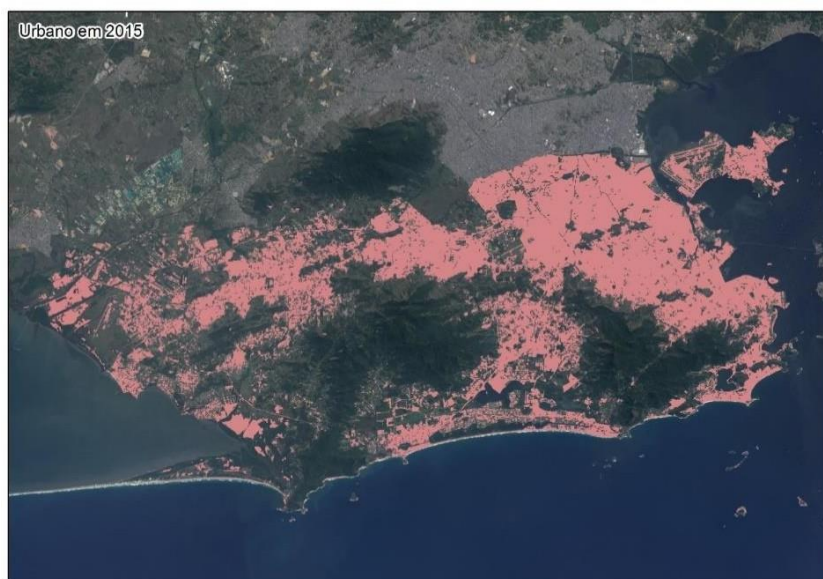


Figura 29: Classificação de áreas urbanas em 2015

Tendo os mapas com resposta binária, o produto da soma entre eles indica a temporalidade do urbano dentro do recorte temporal da pesquisa, como mostrado na tabela 5. E mais, ainda aponta de forma indireta a mudança entre os anos, as áreas onde se encontram urbanos mais recentes, implica na área de mudança interna da cidade, como é exposto na Figura 30.

Tabela 5: detalhamento da legenda

Soma	Significado	Legenda
1	Urbano a menos de 5 anos	5 anos
2	Urbano entre 5 a 10 anos	10 anos
3	Urbano entre 10 e 15 anos	15 anos
4	Urbano a pelo menos 20 anos	20 anos

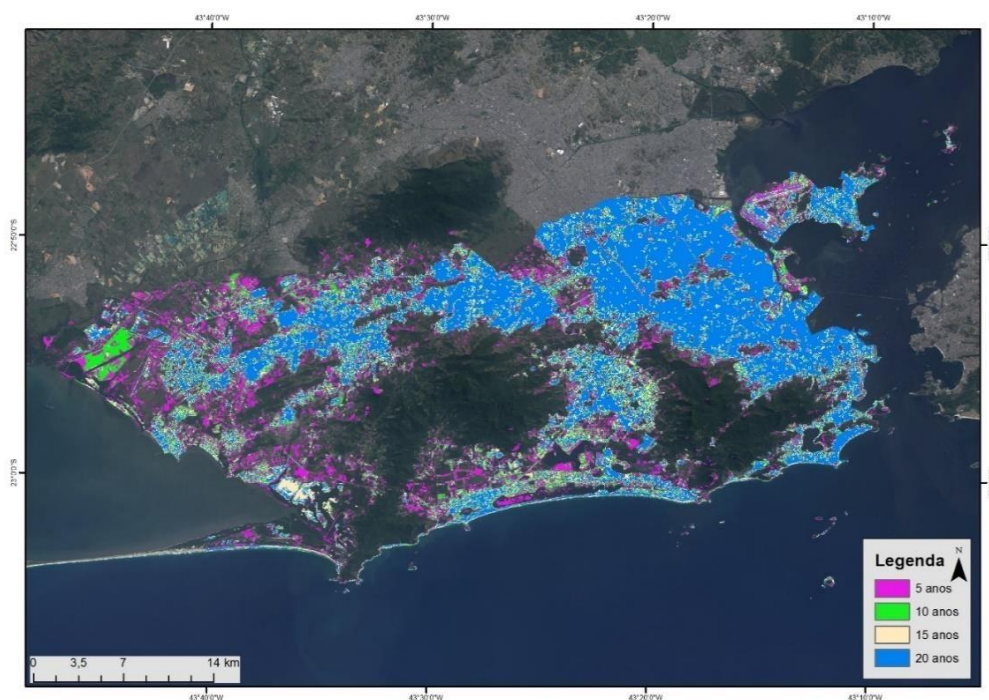


Figura 30: Mapa Temático produto da classificação na plataforma GEE, apontando a idade do Urbano

Para a validação de cada mapa realizou-se a avaliação dos pontos de controle utilizados no capítulo 1. Vale salientar que não houve etapa de edição manual no mapeamento. A partir da análise visual, tomando como verdade as imagens de satélite, gerou-se a matriz de confusão e foi calculado o índice kappa para cada ano, expresso nas Tabelas 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6: Índice Kappa para o mapeamento de 2000

2000		
Mapa\Referência	Not	urb
Not	629	159
urb	24	388
<i>kappa</i>	0,686317979	
<i>exat. total</i>	0,8475	

Tabela 7: Índice Kappa para o mapeamento de 2010

2005		
Mapa\Referência	Not	urb
Not	618	121
urb	28	428
<i>kappa</i>	0,745739961	
<i>exat. total</i>	0,875313808	

Tabela 8: Índice Kappa para o mapeamento de 2015

2010		
Mapa\Referência	Not	urb
Not	535	60
urb	63	537
<i>kappa</i>	0,79414298	
<i>exat. total</i>	0,89707113	

Tabela 9: Índice Kappa para o mapeamento de 2015

2015		
Mapa\Referência	Not	urb
Not	581	152
urb	19	433
<i>kappa</i>	0,710523496	
<i>exat. total</i>	0,855696203	

Os anos de 2000 e 2015 foram os que apresentaram maiores erros de comissão do não urbano em cima do urbano. De uma forma geral o kappa interno das classes, no que diz respeito ao urbano, se mostraram bons. Com exceção do ano de 2000, todos os outros índices kappa se encontraram acima de 7, o que é considerado um bom resultado, sobretudo ao considerar que não houve edição manual no mapeamento, e no tempo em média de geração do mapeamento, que foi relativamente curto.

4.3.3 Análise Espacial e descritiva das Áreas com Mudança na Cobertura do Terra com GEE

Algumas análises foram realizadas a partir da combinação entre os mapas para os três períodos de mudança compreendido entre 2000 e 2005, 2005 e 2010, e por fim, 2010 a 2015. Os gráficos 4, 5 e 6 representam a porcentagem de áreas urbanas e não urbanas nas Áreas de Planejamento para cada período mencionado.

Gráfico 4: Cruzamento dos mapeamentos de 2000 e 2005

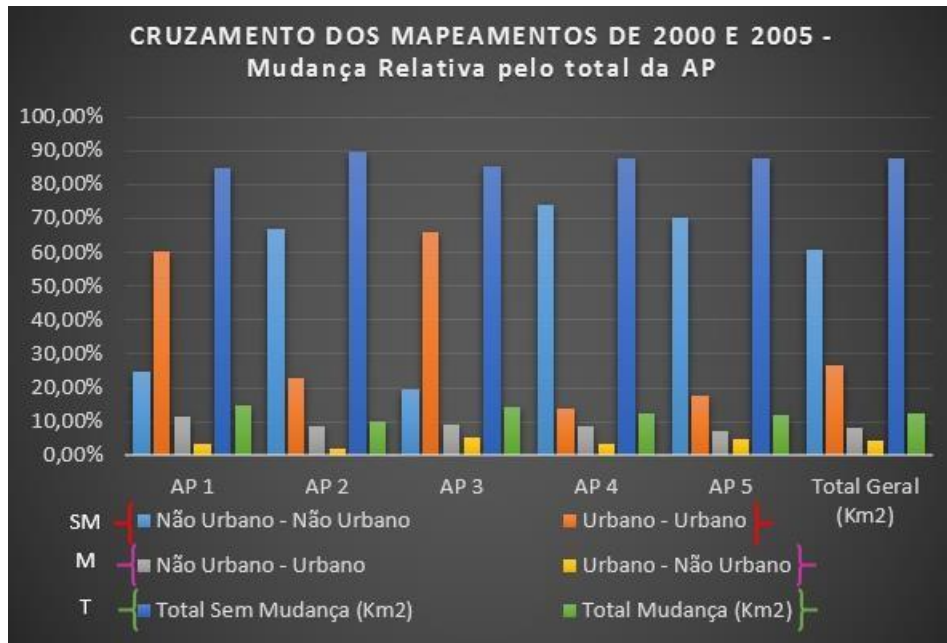


Gráfico 5: Cruzamento dos mapeamentos de 2005 e 2010

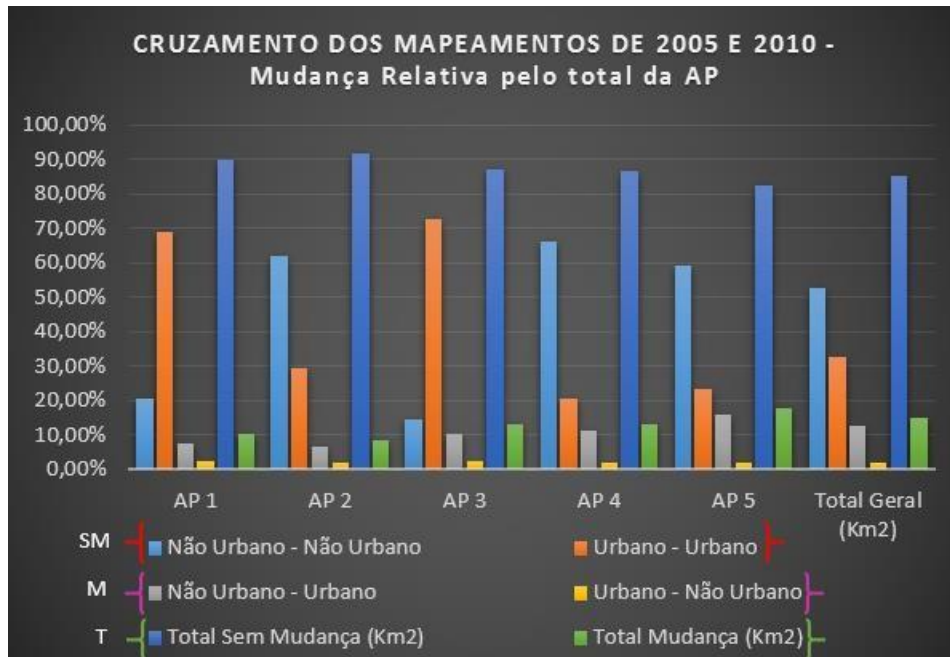
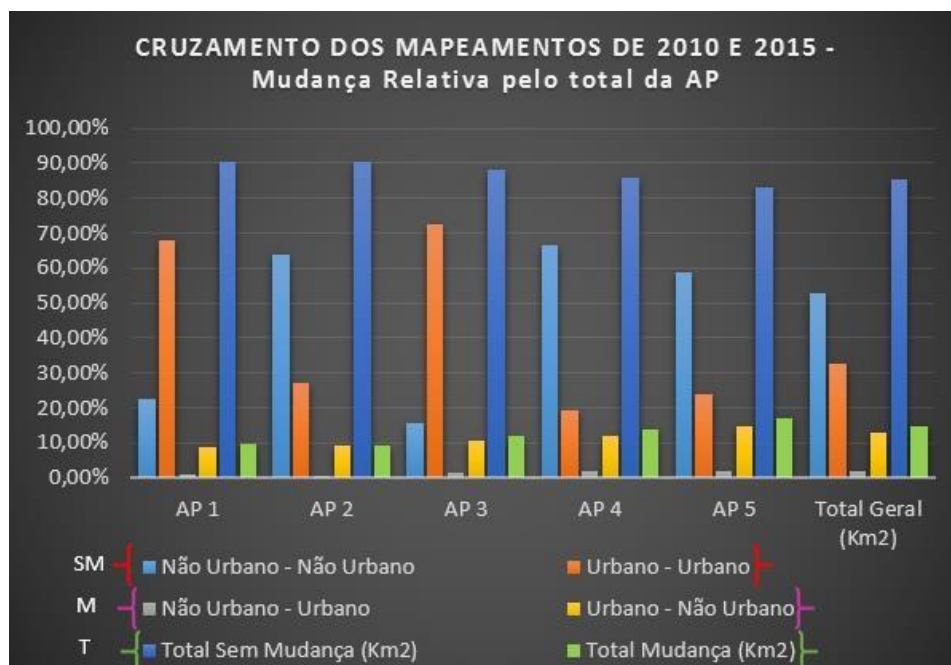


Gráfico 6: Cruzamento dos mapeamentos de 2010 e 2015



Observa-se que o maior percentual de mudança (áreas que não eram urbanas, para áreas urbanas) está compreendida entre o período de 2005 e 2010. Esses anos retratam importantes mudanças na infraestrutura da cidade, visando adequações viárias, residenciais e de edificações para a realização de eventos globais (Jogos Pan-americanos, Copa do Mundo e Jogos Olímpicos).

A taxa de áreas sem mudança na cidade vem diminuindo enquanto as áreas de mudança continuam a crescer. Considerando essa perspectiva as AP4 e AP5 foram as áreas que apresentaram as maiores mudanças.

Uma outra abordagem para observação do avanço urbano é observar a taxa de aumento relativo ao quantitativo original das classes de uso (urbano e não urbano), ou seja, a porcentagem de aumento da classe em relação a ela mesma. Isso está representado na Tabela 10.

Tabela 10: Cruzamento dos mapeamentos de 2000 e 2005

CRUZAMENTO DOS MAPEAMENTOS DE 2000 E 2005 - Mudança Relativa pela classe de origem (Não Urbano / Urbano)		
	Mudança	
Áreas de Planejamento	Não Urbano - Urbano	Urbano - Não Urbano
AP 1	19,13%	14,22%
AP 2	37,09%	2,80%
AP 3	13,71%	28,04%
AP 4	64,43%	4,83%
AP 5	40,21%	7,00%
Total Geral (Km2)	30,55%	7,20%

No âmbito geral, pode-se observar que nesse período houve um avanço de 30% nas áreas construídas da cidade, enquanto houveram 7,2% de áreas que deixaram de ser construídas.

Novamente a AP4 e AP 5 se destacam com maior porcentagem de mudança. A AP1 teve 19,13% de mudança, comparado com o que já havia de urbano anteriormente, isso é expressivo, uma vez que a Área de Planejamento 1 já é em si bem consolidada.

Tabela 11: Cruzamento dos mapeamentos de 2005 e 2010

CRUZAMENTO DOS MAPEAMENTOS DE 2005 E 2010 - Mudança Relativa (Não Urbano / Urbano)		
	Mudança	
Áreas de Planejamento	Não Urbano - Urbano	Urbano - Não Urbano
AP 1	11,02%	12,61%
AP 2	23,05%	2,94%
AP 3	14,48%	16,69%
AP 4	54,57%	3,33%
AP 5	68,74%	3,08%
Total Geral (Km2)	39,19%	3,90%

No período entre 2005 e 2010, representados na tabela 11, houve 39% de expansão de áreas construídas, esse valor recebeu um aumento se comparado ao período anterior. E sua taxa de suposta regeneração diminui relativamente em relação ao período anterior.

A AP 4 e AP5 se mantem com o maior destaque de aumento de áreas construídas em

relação ao estado anterior. A AP3 se destaca por ter uma área maior de mudança de urbano para não urbano.

O período de 2010 a 2015 aponta para uma queda brusca na taxa de mudança de não urbano para urbano, e em contrapartida um aumento elevado na mudança entre urbano para não urbano. Isso foi influenciado pela alta taxa de superestimação de áreas construídas no mapeamento de 2010.

Sob um olhar holístico, as Áreas de Planejamento 4 e 5 sempre apresentam maiores aumentos na expansão urbana. Isso é corroborado quando se olha para o histórico da cidade, onde os maiores investimentos de indústrias, novas áreas residenciais, infraestrutura para eventos como os diferentes eventos esportivos que ocorreram, se deram nessa região.

4.4 – Considerações Finais

Essa plataforma é inovadora e tem ganhado cada vez mais visibilidade, por permitir o processamento na nuvem, permite a utilização de diferentes imagens e dados, e aplicação em larga escala temporal e espacial. Um dos grandes diferenciais é a acessibilidade a uma quantidade considerável de dados em um tempo relativamente curto. Em outras palavras, poder ter acesso a todo o acervo da Landsat sem precisar fazer o download das mesmas.

O GEE possui uma característica que precisa ser destacada, o objetivo dele não é necessariamente o mapeamento de uma localidade, ou para uma data. Sua finalidade principal consiste na manipulação de grandes volumes de dados, ou seja, trabalhar com o “big data” com menor tempo para análise multitemporal. Ele se destaca na agilidade temporal e em permitir que o usuário realize um mapeamento em larga escala seja espacial ou temporal.

Frente a isso, é possível entender a razão do GEE não dispor de algumas ferramentas para a correção e pré-processamento de imagens. Como exemplo, pode-se citar a ausência de ferramentas para remoção de ruídos das imagens na plataforma. Esse tipo de funcionalidade requer um nível de programação mais rebuscado. Acredita-se que essas limitações em breve serão superadas. No momento pode-se (e deve-se) realizar esse tipo de ajuste fora da plataforma quando necessário.

O resultado obtido na plataforma foi satisfatório, onde obteve-se índice kappa entre 0,69 e 0,79. O tempo em que foi realizado o mapeamento foi inferior ao tempo levado para

realizar o mapeamento pelo método (GEOBIA).

Novamente deve-se enfatizar que os processos de classificação no GEE são baseados na classificação pixel-a-pixel, o que difere muito do método GEOBIA, levando muitas vezes à necessidade de edição dos resultados. No entanto, a capacidade de processamento, na nuvem, com insumos já disponíveis em grande escala temporal (imagens Landsat, MODIS e outros), são enormes atrativos para sua adoção. Pode-se ainda inserir outros dados e realizar a leitura de códigos já pré-definidos. Vale refletir sobre o custo/benefício ao se escolher a melhor metodologia e insumos para a realização de mapeamentos e detecção de mudanças.

Em virtude da inovação do suporte que o Google Earth Engine dispõe, ainda há uma grande quantidade de discussões teóricas e fundamentais de tal sistema. No entanto, cada vez mais se vê usos e aplicações em diferentes áreas entre diferentes países. E mais, ainda vai requerer atenção e estudos de aplicações e fundamentos daqui em diante.

V - CARACTERIZAÇÃO DO USO, NAS ÁREAS DE MUDANÇA, DETECTADAS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO ENTRE 2010 E 2015

5.1 - Introdução

A questão da espacialidade urbana é discutida por diversos especialistas em análise espacial, como Milton Santos, Roberto Lobato Corrêa, Maria Encarnação Spósito, entre outros. Beaujeu-Garnier (1995) diz que o ambiente urbano é um espaço produzido resultante da interação entre o meio físico e da ação humana. É nesse espaço que desenvolvem as relações sociais que configuram os ambientes urbanos. Para Corrêa (1989) o espaço urbano é fragmentado, articulado, reflexo e condicionante da sociedade. Trata-se do local onde as diferentes classes sociais se apresentam e se articulam, com as culturas próprias como aspectos simbólicos dessa realidade.

Em suma, o espaço urbano é moldado pela sociedade no tempo, sendo reflexo da mesma a partir da sua cultura e interesses dominantes. Para a sociedade capitalista, o espaço urbano apresenta como característica explícita a desigualdade social, e a mudança com o ritmo e natureza diferenciada nos diferentes ambientes.

A necessidade de ampliar e/ou reduzir áreas residenciais, comerciais, industriais, somadas aos investimentos do capital financeiro e ações governamentais, estão entre as razões mais comuns para a mudança na infraestrutura urbana e cobertura do solo. Essa perspectiva reflete a visão Santos (1997) sobre um espaço pensado como um conjunto indissociável de objetos geográficos, objetos naturais e objetos sociais em movimento. Entender essa dinâmica, mudanças e agentes de transformação são pontos centrais para se compreender o espaço urbano.

Nesse sentido, é importante refletir sobre onde ocorrem as mudanças na cobertura da Terra e como identificá-las de forma mais efetiva permitindo eventualmente sua replicação em outras áreas.

O **capítulo III** da presente pesquisa (Etapa 1) apresentou o método de detecção de mudanças na cobertura da terra, com o uso de técnicas de modelagem de conhecimento e imagens gratuitas (GEOBIA e Landsat).

O **capítulo IV** por sua vez (Etapa 2) buscou desenvolver uma metodologia alternativa via computação na nuvem, com o uso da plataforma GEE e classificação pixel-a-pixel para

a detecção de mudança na cobertura da terra, utilizando os mesmos descritores e insumos.

O presente **capítulo V** (Etapa 3) busca caracterizar as áreas de mudança identificadas por ambos os métodos, indicando o percentual de compatibilidade, utilizando como referência de classificação os mapeamentos de uso e cobertura da terra disponibilizados pela Prefeitura do Rio de Janeiro desde 2004. Cabe destacar que a caracterização não foi realizada para o período entre 2000 e 2004 devido a inexistência de mapeamento oficial para o ano de 2000. A partir dos mapeamentos disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos – IPP foram identificadas as mudanças com extremo detalhamento (já que os arquivos de referência foram gerados para a escala 1:10.000).

Os mesmos mapeamentos também foram utilizados para caracterizar as áreas de mudança, indicando os principais usos em cada área de mudança, conforme a legenda de mapeamento adotada pela prefeitura.

Portanto o objetivo deste capítulo é caracterizar os resultados obtidos pelas diferentes técnicas de mapeamento (GEOBIA e GEE), visando a detecção de mudanças em áreas urbanas, bem como, caracterizar as áreas de mudança encontradas considerando o uso do solo e cobertura da terra de referência.

Foram consideradas como “mudança no espaço urbano da cidade” as localidades que apresentaram outra composição de cobertura ou disposição espacial no decorrer do período analisado. Essas mudanças foram caracterizadas posteriormente por consulta ao mapeamento de uso e cobertura da prefeitura do Rio de Janeiro. Nesse caso é importante destacar que a caracterização do uso adota a legenda do mapeamento oficial disponibilizado para os anos de 2010 e 2015.

O presente trabalho propõe analisar as áreas decorrentes da mudança sob o entendimento multiescalar, com análises para as Áreas de Planejamento (AP), ou Bairros, e eventualmente setores censitários, e também os entornos das vias de transporte como o BRT. Dentre os principais questionamentos busca-se investigar: Qual o percentual de acerto obtido pelas diferentes técnicas de detecção de mudança realizada, quando comparadas com um mapeamento de referência? Qual o uso do solo mais comum para as áreas com mudança detectadas? Como se apresenta a disposição espacial dessas áreas com mudança nos períodos?

5.2 – Metodologia

A metodologia desenvolvida para caracterizar as áreas pode ser observada na Figura 31.

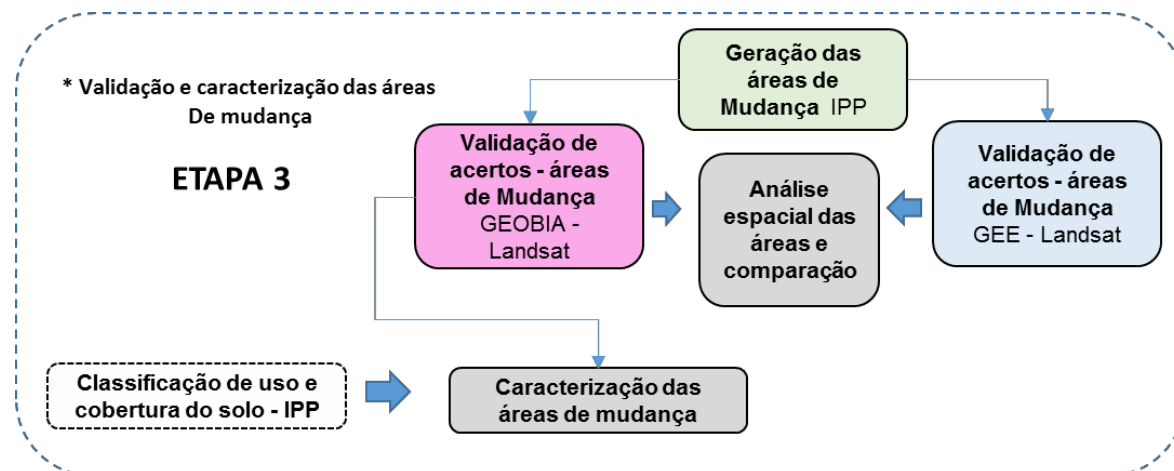


Figura 31: Fluxograma metodológico para validação e caracterização das áreas de mudança no município do Rio de Janeiro entre 2004 e 2015

Este trabalho considera a cobertura do solo como enfoque principal, e adota como referência para o uso, o mapeamento desenvolvido pela prefeitura do Rio de Janeiro, com legenda própria.

Para a validação das áreas de mudança foi utilizada como referência oficial, a classificação de uso e cobertura do solo da cidade do Rio de Janeiro, geradas a partir da interpretação das ortofotos na escala de 1:10.000, pelo IPP com suporte de trabalhos de campo, vistorias e outras atividades do órgão.

A primeira etapa consistiu na identificação das áreas de mudança utilizando o mapeamento de referência. Foram gerados dois arquivos de mudança para os períodos 2015-2010, e 2010 – 2004 com os mapeamentos de referência da prefeitura. Na segunda etapa foi realizada a comparação desses arquivos com os polígonos de mudança gerados no capítulo 1, e executada uma análise espacial da distribuição para a verificação de padrões. Finalmente, a terceira etapa consistiu da caracterização das áreas de mudança validadas, a partir da verificação dos principais usos das mesmas nos anos de 2010 (para a mudança detectada

entre 2005 e 2010), e para o ano de 2015 (para a mudança detectada entre os anos de 2015 e 2010). Para essas áreas foi realizada ainda uma análise qualitativa e quantitativa considerando o perfil da população e proximidade às principais vias públicas.

O mapeamento de uso e cobertura utilizado como referência (oriundo do IPP) para a validação das áreas de mudança possui **16 classes** (subdivididas em 24 classes), organizadas em dois grandes grupos: **áreas urbanizadas** e **áreas não urbanizadas**. Foi gerado por um processo de interpretação que considerou o uso ou a cobertura do solo como fator predominante. A utilização do referencial espacial considerou aproximadamente 1 hectare (ha) como área mínima a ser representada. Tal medida corresponde à 10.000 m², o que equivale a aproximadamente **1 campo de futebol**. Além disso, o mapeamento gerado considera apenas as ocupações e expansões horizontais. Processos de verticalização e adensamento **não** foram avaliados e disponibilizados no material de referência.

As datas dos mapeamentos disponibilizados pela prefeitura são anuais desde 2009. No entanto, a mesma disponibiliza o mapeamento para o ano de 2004 (utilizado para a comparação em 2005 no presente trabalho). Há ainda uma referência para o ano de 2000 (divulgado pelo plano diretor da prefeitura em 2001).

A legenda de mapeamento do material de referência considera dois grandes grupos: Áreas Urbanizadas e Áreas Não Urbanizadas, segundo o IPP, conforme destacam as Tabelas 12 e 13.

Tabela 12: Mapeamento de referência grupo áreas urbanizadas

GRUPO ÁREAS URBANIZADAS	
Áreas residenciais	uso predominante residencial, incluindo-se ruas, avenidas, estradas, canteiros.
Áreas não edificadas	áreas inseridas na malha urbana, compreendendo grandes espaços vazios ou subutilizados.
Áreas institucionais e de infraestrutura pública	áreas e equipamentos ocupados pela administração pública, instituições governamentais, de pesquisa, religiosas, militares, prestadores de serviços públicos.
Áreas de comércio e serviços	áreas de uso predominantemente comercial e/ou de serviços.
Áreas de lazer	áreas destinadas ao lazer, contemplativo, esportivo e cultural.
Áreas de educação e saúde –	áreas ocupadas por instituições de ensino e equipamentos de saúde.
Áreas industriais	áreas ocupadas por grandes equipamentos e distritos industriais.
Áreas de transportes	Áreas ocupadas por grandes equipamentos de transporte
Áreas de exploração mineral	áreas de exploração mineral, em atividade ou não.

Tabela 13: Mapeamento de referência grupo áreas não urbanizadas

GRUPO ÁREAS NÃO URBANIZADAS	
Mata (cobertura vegetal arbórea e arbustiva)	Floresta (ombrófila); restinga e mangue (formações pioneiras); capoeira em diferentes estágios (vegetação secundária) e reflorestamentos.
Campo (cobertura vegetal gramíneo-lenhosa)	Áreas com vegetação rasteira, graminóides, situadas em planícies ou encostas, utilizadas ou não para atividades pastoris.
Áreas agrícolas	Áreas ocupadas por atividades agrícolas, incluindo horticulturas, fruticulturas etc.
Afloramentos rochosos e depósitos sedimentares	Áreas cobertas por afloramento rochoso natural (escarpas, pontões, costões, matacões), e as ocupadas por areais, incluindo praias.
Corpos hídricos	Áreas formadas por águas continentais e ambientes estuarinos, lagoas, rios, canais, açudes e represas.
Áreas sujeitas a inundação	Áreas ocupadas por brejos, baixios, com a vegetação característica desses ambientes.

Além do mapeamento de referência foram utilizados dados complementares como: malha digital georreferenciada de meios de transportes como, BRT, Trem e Metrô obtidos no site da prefeitura do Rio de Janeiro; dados tabulares e setores censitários com a contagem populacional por setor e bairro, adquiridos no IBGE, limites de AP da prefeitura do Rio de

Janeiro.

Os dados foram editados e ajustados utilizando-se o ArcGIS 10.3 para permitir a visualização espacial e posterior análise. Os dados tabulares dos setores censitários foram editados no Excel, onde como variável populacional de análise utilizou-se o **total de pessoas residentes no setor** para os anos de 2000 e 2010. Posteriormente foram adicionados a malha digital em ambiente SIG, onde foram feitas análises espaciais dos dados, considerando os limites de bairro.

Com o mapeamento das três datas do IPP, converteu-se do formato vetorial para um formato matricial pois a metodologia empregada para identificar as mudanças das datas por meio da ferramenta “Combine” no software ArcGIS. Essa ferramenta permite integrar e sobrepor as diferentes matrizes e, para cada pixel, guardar a informação que cada mapeamento apresenta no ano de referência. Pode-se trabalhar com várias combinações. A Figura 32 detalha o seu funcionamento.

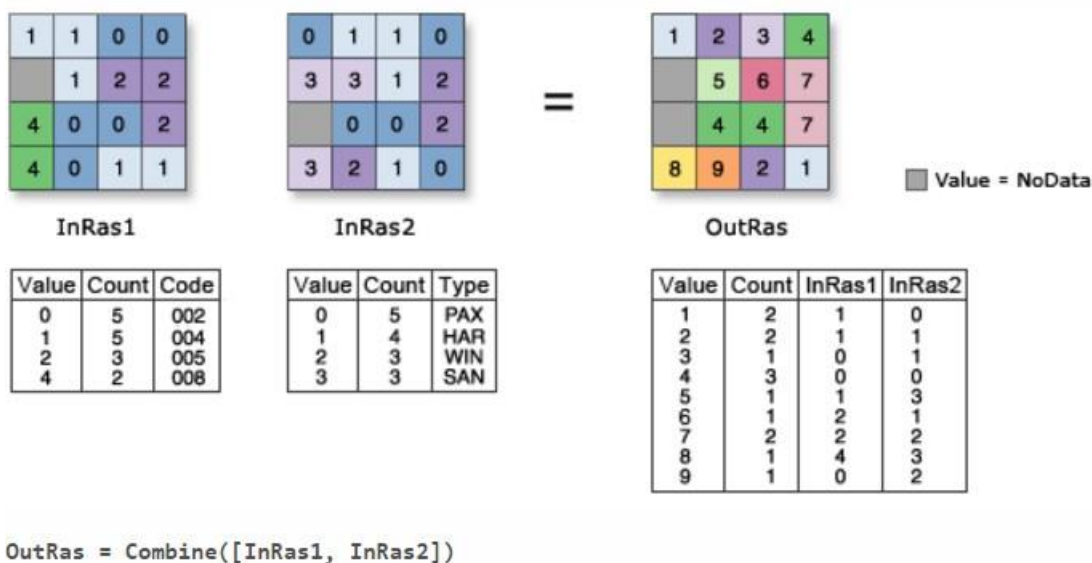


Figura 32: Exemplificação da função "Combine"

Fonte: Esri, ArcGIS for Desktop, disponível em: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/combine.htm>

Após a realização do combine foi gerado uma matriz com os diferentes valores de pixel para cada mapeamento. Para eliminar ruídos e conflitos menores do que a área mínima mapeada considerada para a escala 1:10000, estimada em aproximadamente 2.500m².

Então, no software Erdas, o raster foi submetido ao processamento de “Clump”, que identifica agrupamentos, que são grupos contíguos de pixels em uma classe, visando o preparo do arquivo matricial para a etapa a seguir. Em seguida foi aplicada a ferramenta “Eliminate”, que especifica um grupo mínimo ou tamanho de classe, e então os aglomerados menores do que este mínimo especificado são eliminados. Os parâmetros utilizados na etapa foi o valor de área mínima (2.500 m²).

Em seguida, com os dados gerados foi realizada a tabulação no Excel para confrontação de confusões e somatório de áreas por classes de uso. Entende-se “confusões” como as áreas de mudança entre os períodos mapeados pelo IPP.

Por fim, em ambiente SIG, o arquivo matricial oriundo do “Eliminate” foi sobreposto com as mudanças mapeadas na Etapa 1 (Capítulo III) para permitir qualificar quais seriam as áreas de mudanças detectadas corretas e caracterizar os usos de cada área em cada mudança de período.

5.3 - Resultados e Discussões

As figuras 33 e 34 destacam as áreas de mudança no período entre 2004/2005 e 2010, e 2010 e 2015, pelo IPP e com o uso das imagens Landsat.

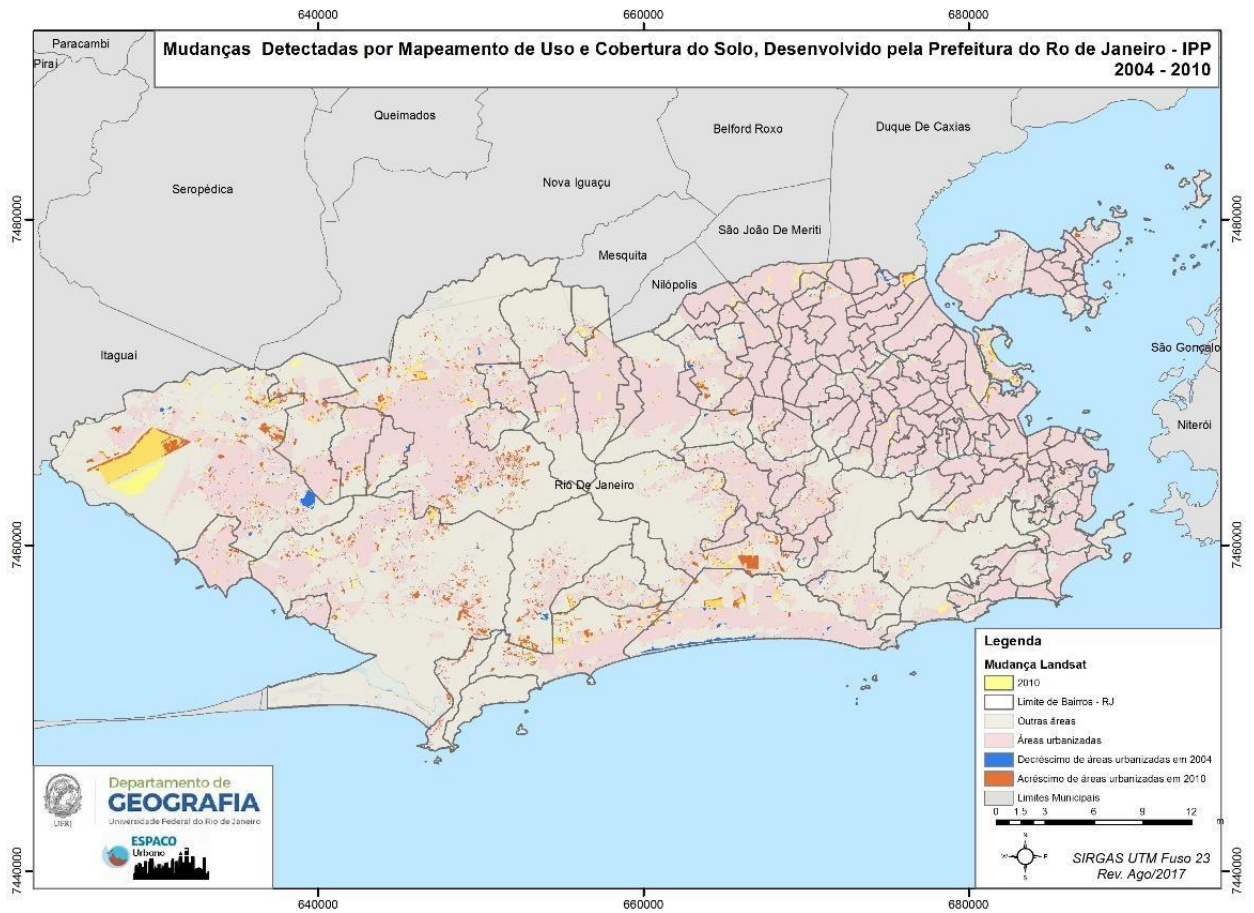


Figura 33: Mapeamento das áreas de mudança no período entre 2004/2005 e 2010

É possível identificar uma tendência da distribuição espacial das mudanças a margem das áreas já consolidadas, principalmente nas AP's 4 e 5. Algumas áreas se destacam e foram enumerados no mapa. Todas essas mudanças afetam a sociedade em diferentes aspectos, seja em instalações de centros industriais, ou supressão da vegetação para instalações de novos empreendimentos imobiliários. E algumas mudanças relacionadas a isso foram destacadas no capítulo anterior.

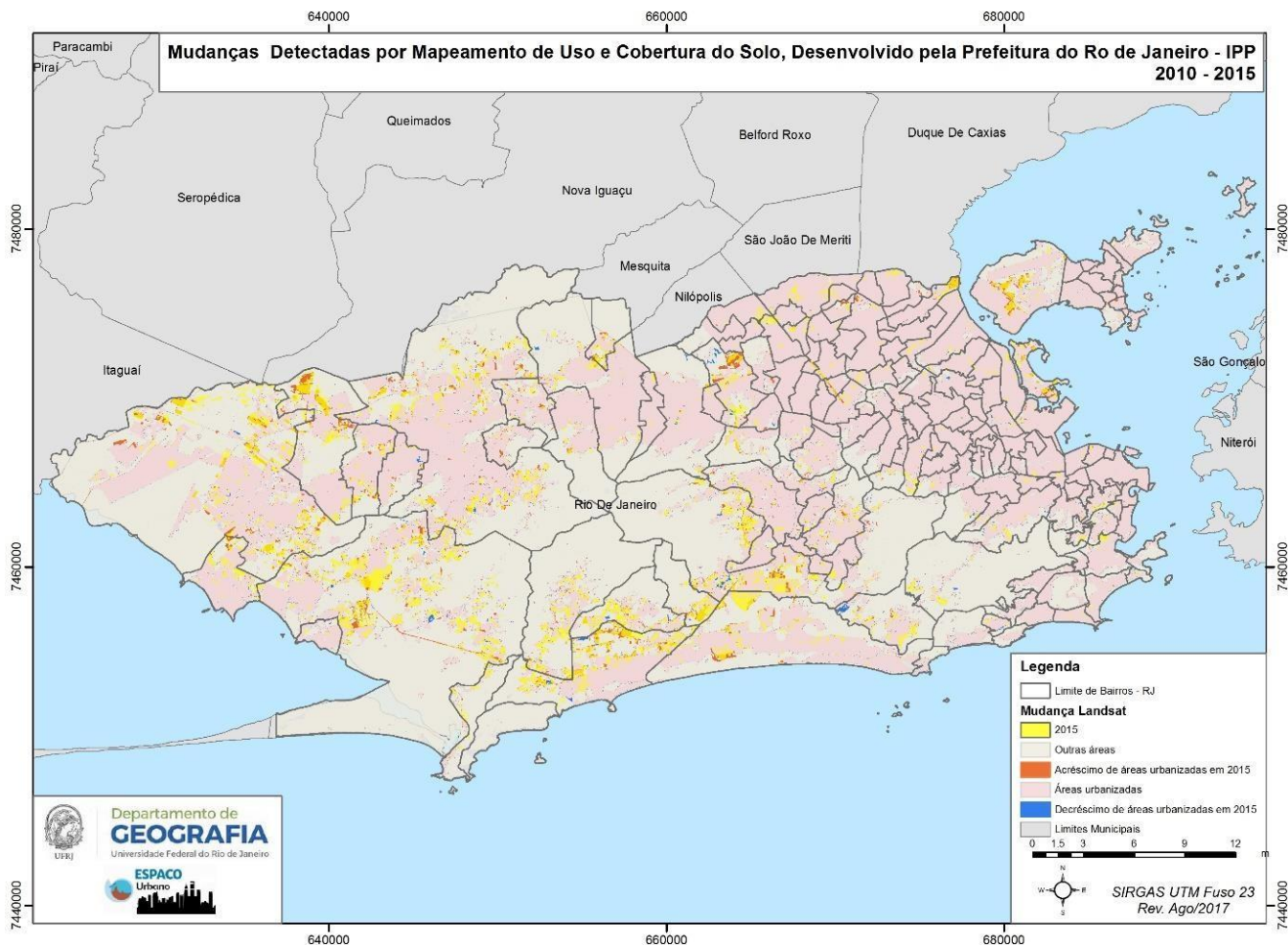


Figura 34: Mapeamento das áreas de mudança no período entre 2010 e 2015

No período entre 2010 e 2015, destaca-se as obras do Aeroporto Internacional Galeão. E a AP4 tem um maior destaque para o crescimento, muito em virtude de obras que a cidade recebeu para ser palco de grandes eventos, como os Jogos Olímpicos de 2016.

5.3.1 Análise Quantitativa

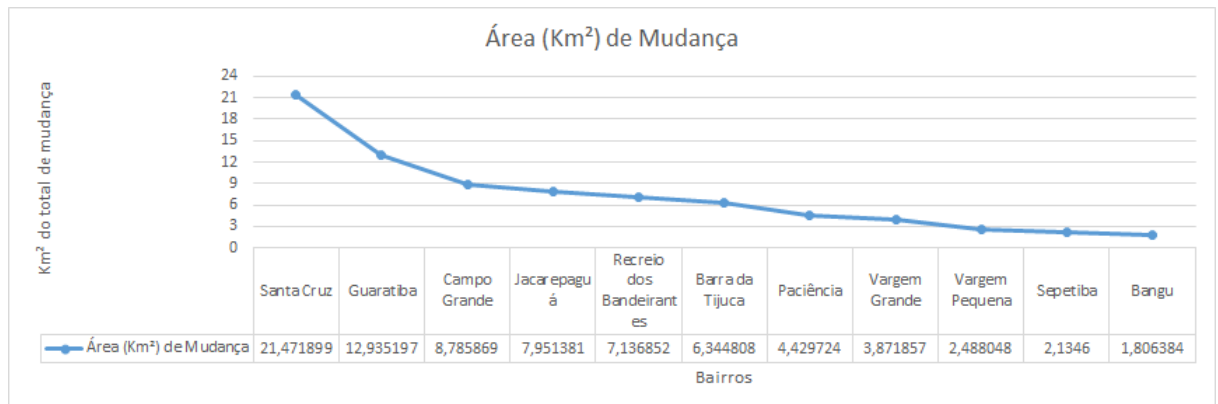
Após a realização do combine para integrar as áreas observa-se que das **574** áreas de mudança detectadas pelo mapeamento do IPP entre os anos de 2010 e 2015, **427** áreas também foram identificadas **total ou parcialmente** pelo método GEOBIA com uso do Landsat. Nesse caso houve um acerto de quase 75% das áreas segundo o método apresentado no capítulo I. Para o período entre 2010 e 2015 o acerto foi de 81.2% das áreas. A tabela 14 destaca os resultados obtidos.

Tabela 14: validação e comparação de áreas com mudança Landsat e IPP

Total de áreas				
Mudança para o município	Landsat	IPP	(Validação)	% (acerto)
(2010 – 2005)	574	2010- 2004	427	74.4
(2015 – 2010)	846	2015- 2010	159	81.2

Analisando os resultados das áreas de mudança obtidas na etapa 1, é possível observar no Gráfico 7, que as áreas que concentraram o maior quantitativo de áreas alteradas foram as AP4 e AP. A justificativa mais pertinente se dá pela nessas AP's da maior parte de áreas suscetíveis a construções e o recebimento de forte incremento em infraestrutura de transporte, com novas instalações.

Gráfico 7: Área em Km² de mudança de alguns bairros que se destacaram



Campos, (2005) nos chama atenção para o impacto do Transporte sobre o uso do solo urbano como resultado de uma mudança na acessibilidade na localização. Uma melhor acessibilidade aumenta a atratividade para localização de todo o tipo de atividades, influenciando assim, a direção de um novo desenvolvimento urbano.

Os impactos sociais na implementação de acessibilidade, impactam diretamente a sociedade. Com a instalação de novos meios de transporte, criou-se a necessidade de ter um olhar diferenciado as mudanças localizadas no entorno dos meios em maior destaque, como, Metrô e BRT. Porém, apesar de ser uma rede de transporte já consolidada, o Trem possui muitas mudanças em seu entorno. Sobretudo na zona oeste da cidade. A tabela 15 relaciona o meio de transporte com a porcentagem relativa da mudança no entorno de 1km.

Tabela 15: Relação de mudança no entorno de vias de transporte

Linha de Transporte	Área de Mudança (%)
Trem	12.45
Metrô	4.13
BRT	37.78

Julgando por maiores mudanças em um entorno de 1km de sua instalação, o BRT contribui com a maior parcela de mudança, dentre as três opções de transporte analisados. O mapa a seguir, figura 35, expõe da disposição espacial da relação entre as mudanças e a linha do BRT.

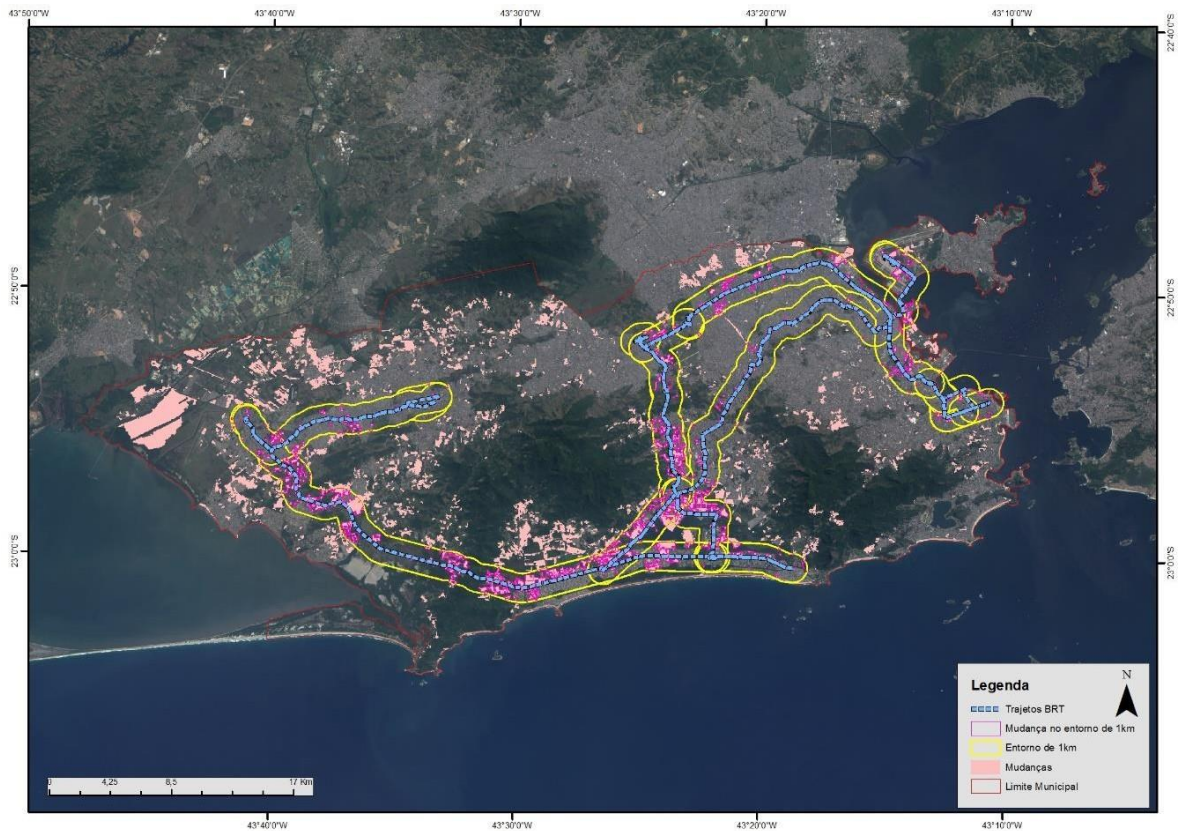


Figura 35: Áreas de mudança no entorno do BRT

Analisando o entorno da instalação do BRT o somatório da suas áreas de mudança é de 41,186855 km², ou seja, aproximadamente 37% da mudança total, encontrada no município, está localizada a 1km da via do BRT. Dentro dessa área, 25,30 km², ou seja 61% das áreas de mudança no entorno do BRT, se deu no período entre 2010 e 2015, muito influenciada pelos investimentos em obras na cidade em virtude da Copa do Mundo 2014 e Jogos Olímpicos 2016.

O modal ferroviário também ganhou destaque quando relacionado a mudança, pois diversas áreas estão próximas ao entorno. Das mudanças no entorno de 1km da linha do trem, tem-se que 54,85% das mudanças no entorno da linha férrea se deu na AP5, Zona Oeste. Nesse caso, considera-se muito a hipótese da valorização imobiliária em certos bairros, sendo um fator de grande atratividade. A figura 36 representa a distribuição das mudanças relacionada ao sistema de vias ferroviárias na cidade do Rio de Janeiro.

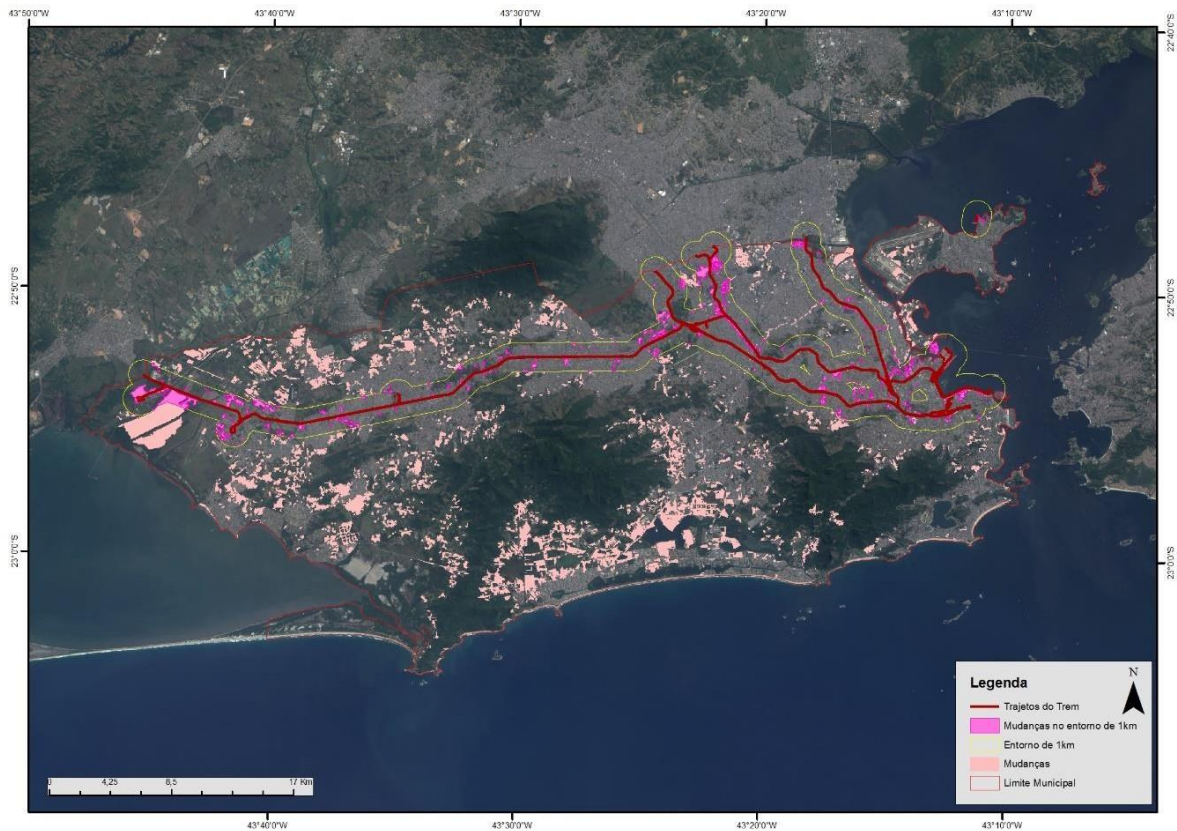


Figura 36: Área de mudança no entorno das vias Ferroviárias

“O planejamento de transportes deve ser visto como um planejamento estratégico das cidades. Elas dependem de seu sistema de transporte para funcionar bem economicamente e socialmente. Políticas públicas convergentes na área de transportes e de desenvolvimento urbano são cruciais para que isso aconteça. ” (Marques, 2014)

Haja vista as mudanças influenciadas pelos sistemas de mobilidade pública, destaca-se cada vez mais a importância de se estudar e planejar a cidade de forma consciente e visando a população afetadas por essas mudanças, pois elas irão influenciar diretamente a locomoção diária da população e a migração e alocação permanente em diversas ocasiões.

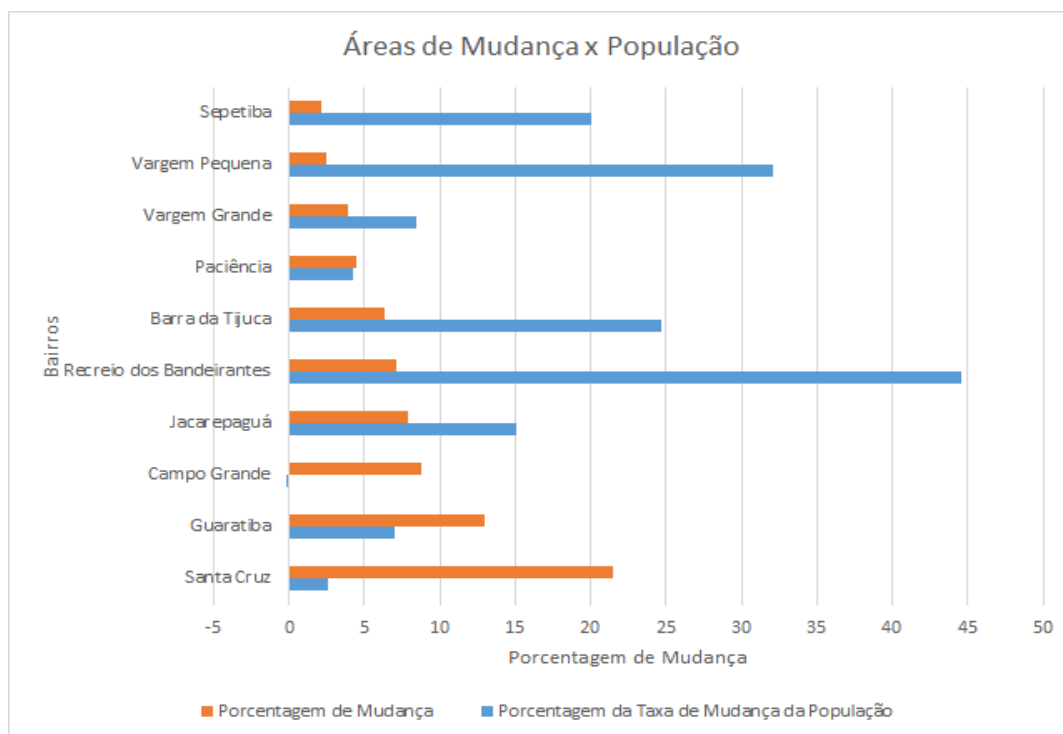
Segundo Lobo 2011, a migração está associada a fatores atrativos e fatores de expulsão, e esses fatores estão associados a necessidade de mão de obra decorrente do crescimento da produção industrial e da própria expansão do setor de serviços urbanos

funcionando como atrativo populacional. E em contrapartida tem-se a pressão demográfica sobre a disponibilidade de terra.

E ainda, oportunidades de adquirir casa própria, novos empregos, aluguéis mais acessíveis, também são motivos de remodelar a distribuição espacial da população.

O gráfico 8 relaciona o percentual da mudança de áreas construídas com o percentual da taxa de variação populacional.

Gráfico 8: Relação entre mudança e população



É possível perceber um maior aumento de mudanças na cobertura não estando relacionado de forma direta ao maior aumento populacional. O bairro de Santa Cruz, onde houve uma grande mudança de uso industrial é um exemplo importante. Campo Grande com alta mudança na cobertura, apresentou uma diminuição na população entre 2000 e 2010, isso pode ser explicado pelo aumento de áreas de serviço, por exemplo, a instalação de novos shoppings. As mudanças na cobertura foram em sua maior parte de serviços.

Bairros como Sepetiba, Vargem Pequena, Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes estão em destaque por sua população ter sofrido um aumento de no mínimo 20%, muito influenciado por atrativos como a disponibilidade de terras e moradias de forma acessível financeiramente, proximidade com novos centros operacionais na cidade, onde há uma busca

por mão de obra e conseqüentemente ofertas de emprego.

5.3.2 Análise Qualitativa

Pensando na população inserida no contexto urbano, e as necessidades de resposta do espaço frente a ela, é necessário que se tenha um olhar mais cauteloso quanto as funções realizadas em determinado meio, ou seja, analisar o uso da cobertura mapeada.

Beaujeu-Garnier (1995) aponta que cada cidade responde a uma série de necessidades, que justificam seu estabelecimento e o seu desenvolvimento original, e logo em seguida a sua expansão (contínua ou entrecortada por período de estagnação), conferindo a ela a fisionomia presente.

Com isso, têm se uma cidade, que foi capital do Brasil por aproximadamente 200 anos, que sofreu diversas obras ao longo de sua história, com diversas atrações turísticas, funções de centralidade expressa em seu ambiente e mais recentemente palco de grandes eventos. Frente a isso, tem se as mudanças mapeadas pelo IPP que revela o uso num intervalo temporal de aproximadamente 1 ano.

5.3.3 – Caracterização das Áreas de Mudança Oriundas do Mapeamento GEOBIA com a Áreas de Referência do IPP

Ao comparar as áreas de mudanças obtidas pela metodologia do capítulo III (Etapa 1) a cobertura do GEOBIA, com as mudanças encontradas no mapeamento do IPP, observa-se um bom desempenho para a técnica GEOBIA. Considerou-se como mudança de cobertura do IPP, a diferença nos períodos analisados do agrupamento de classes (áreas urbanizadas, e áreas não urbanizadas). E para avaliar a mudança de uso, foram utilizadas todas as classes discriminadas no mapeamento.

A partir dos combines entre as os períodos de mudança de cada metodologia, foi possível fazer uma comparação entre os resultados. A diferença entre os mapeamentos, ficam em torno de 16%, 17% e 19% relativos as áreas igualdade, e esse percentual cai para aproximadamente 13, 14 e 16 % se comparado com a área total, logo, as áreas de compatibilidade forma maiores.

As áreas não mapeadas são frutos de diferença do tamanho matricial oriundo do GEE

frente ao vindo do GEOBIA, ou seja, pode ser desconsiderado por ser tipo como “No Data”. Dentro dos conflitos entre os mapeamentos, áreas de mudança obtidos no pelo GEOBIA que não foi considerado no GEE tem uma certa significância se comparado com as áreas de mudança em ambos mapeamentos. A discrepância se torna maior em áreas que não foram mudanças na primeira metodologia, mas foi considerado no GEE.

Essas diferenças se dão por inúmeros fatores, o primeiro fator a ser considerado é a própria metodologia em si, uma é orientado a objetos geográficos, feito a partir da modelagem de conhecimento, frente a um feito pixel a pixel, com mineração de dados. Outro aspecto muito relevante é a etapa de edição manual, que implica no refinamento e aprimoramento dos resultados.

As diferenças entre os mapeamentos ficam mais diluídos quando olhados por área de planejamento. As imagens 37, 38 e 39 a seguir, são composição de 5 gráficos para cada ano, que demonstram essas ocorrências, pois comparam as áreas de similaridade e de diferença entre o GEOBIA com o GEE.

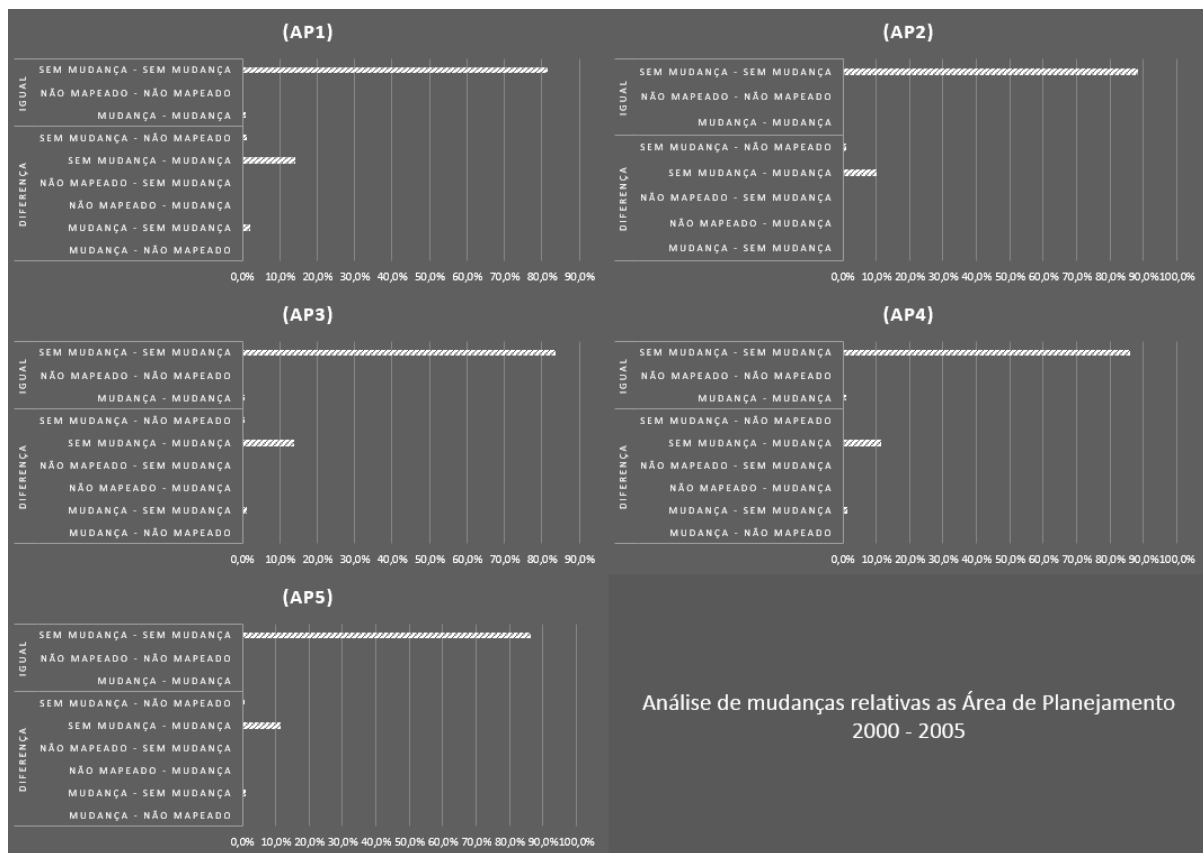
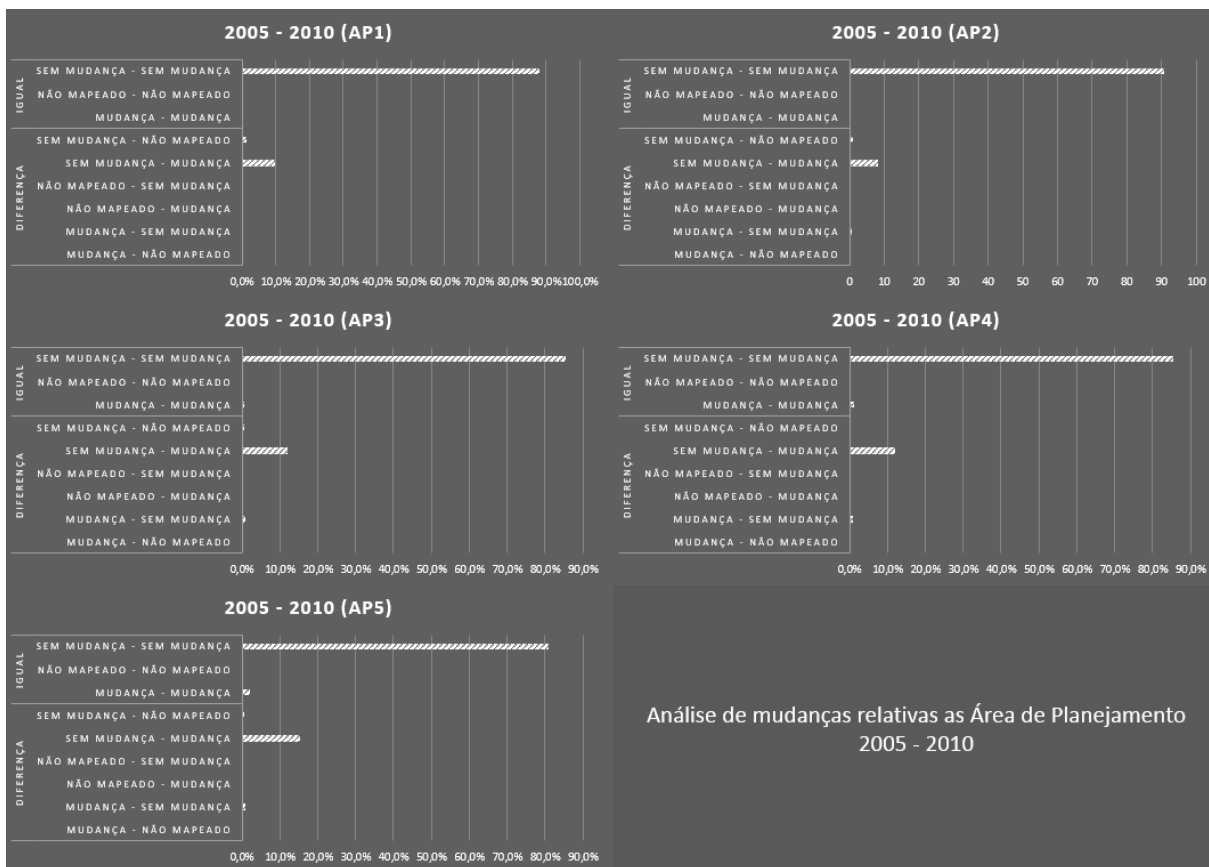


Figura 37: Comparação dos gráficos das análises de mudança relativas as AP's - 2000 - 2005



Análise de mudanças relativas as Área de Planejamento
2005 - 2010

Figura 38: Comparação dos gráficos das análises de mudança relativas as AP's - 2005 - 2010

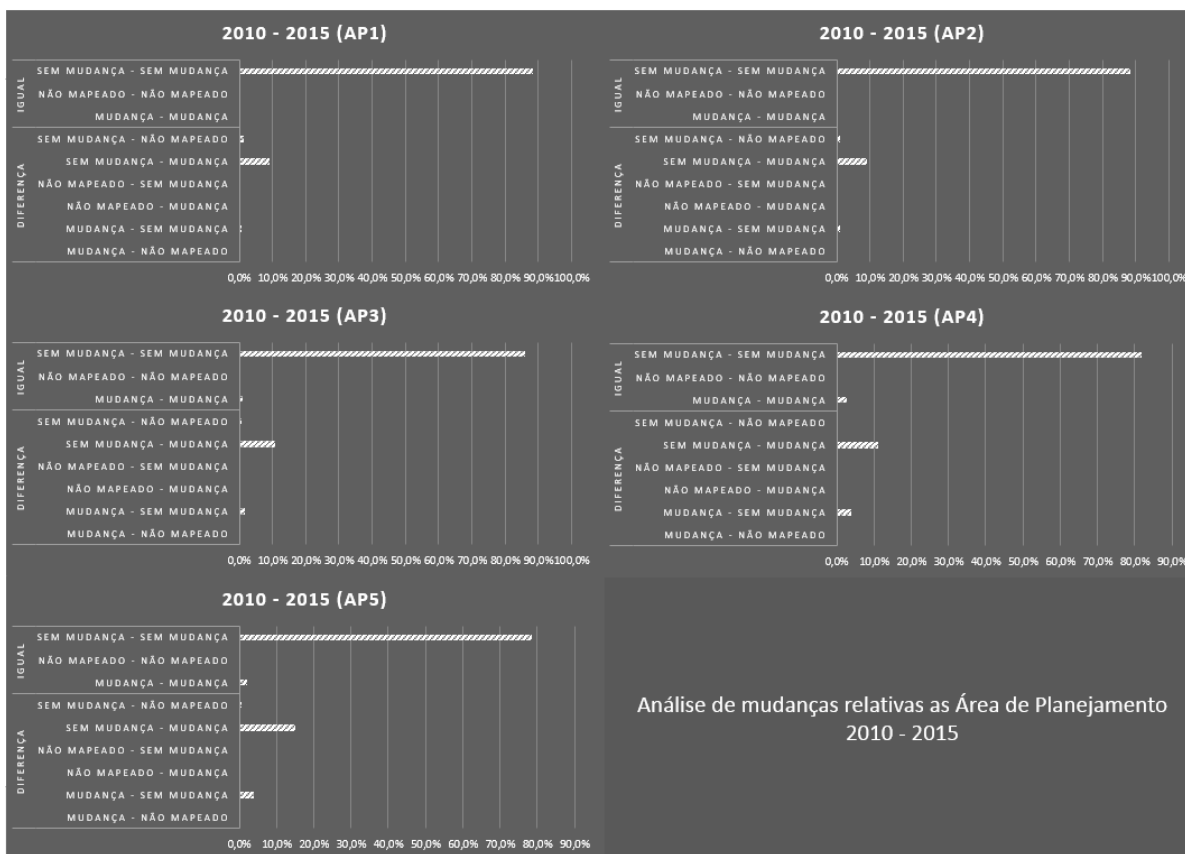


Figura 39: Comparação dos gráficos das análises de mudança relativas as AP's - 2010 - 2015

Em todas as AP's as áreas sem mudança são predominantes, isso devido a cidade ter uma grande área urbanizada já consolidada. As áreas que foram detectadas como mudança no GEOBIA e sem mudança no GEE é cerca de 10% da área em nenhum período e em nenhuma AP. Em contrapartida, em alguns casos tem-se um pouco mais de 10% de áreas que forma consideradas sem mudança no GEOBIA, mas com mudança no GEE.

Com exceção da AP4 e AP5 no período de 2010 a 2015, as áreas de mudança detectadas pelo GEOBIA foram também detectadas no GEE. Tais AP's, apresentam um valor bem pequeno de áreas que eram de mudança, mas foram detectadas como sem mudança.

Assim, de forma mais detalhado, analisando as áreas iguais nos dois mapeamentos se apresentam muito maior que as áreas de diferença, o que torna o resultado satisfatório.

A Tabela 18 foi elaborada dentro das áreas de mudança detectadas pela técnica GEOBIA. Então, todas as áreas são referentes as áreas de mudança do capítulo III.

Tabela 18: Relação das mudanças do Mapeamento utilizando o GEOBIA com as áreas do IPP

2004 - 2010		2010 - 2015	
Área de Planejamento	Área (km ²)	Área de Planejamento	Área (km ²)
AP 1	0,2079	AP 1	0,2808
MUDANÇA	0,0243	MUDANÇA	0,0126
MUDANÇA	0,0243	MUDANÇA	0,0126
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,018	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,0126
Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,0063	SEM MUDANÇA	0,2682
SEM MUDANÇA	0,1836	MUDANÇA	0,0342
MUDANÇA	0,0549	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,0342
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,0207	SEM MUDANÇA	0,234
Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,0342		
SEM MUDANÇA	0,1287		
AP 2	0,8838	AP 2	1,4787
MUDANÇA	0,0198	MUDANÇA	0,0234
MUDANÇA	0,0198	MUDANÇA	0,0234
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,018	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,0027
Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,0018	Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,0207
SEM MUDANÇA	0,864	SEM MUDANÇA	1,4553
MUDANÇA	0,0126	MUDANÇA	0,063
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,0126	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,0603
SEM MUDANÇA	0,8514	Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,0027
		SEM MUDANÇA	1,3923
AP 3	3,4452	AP 3	5,751
MUDANÇA	0,792	MUDANÇA	1,2285
MUDANÇA	0,792	MUDANÇA	1,2285
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,1953	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,2304
Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,5967	Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,9981
SEM MUDANÇA	2,6532	SEM MUDANÇA	4,5225
MUDANÇA	0,4095	MUDANÇA	1,0899
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,3546	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	0,6588
Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,0549	Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,4311
SEM MUDANÇA	2,2437	SEM MUDANÇA	3,4326
AP 4	6,3342	AP 4	20,1582
MUDANÇA	2,1231	MUDANÇA	3,6702
MUDANÇA	2,1231	MUDANÇA	3,6702
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,4041	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,666
Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	1,719	Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	3,0042
SEM MUDANÇA	4,2111	SEM MUDANÇA	16,488
MUDANÇA	1,2186	MUDANÇA	2,8197
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	1,1187	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	2,43
Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,0999	Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,3897
SEM MUDANÇA	2,9925	SEM MUDANÇA	13,6683
AP 5	17,1297	AP 5	33,3324
MUDANÇA	8,2017	MUDANÇA	6,2379
MUDANÇA	8,2017	MUDANÇA	6,2379
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,306	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	0,567
Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	7,8957	Áreas Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	5,6709
SEM MUDANÇA	8,928	SEM MUDANÇA	27,0945
MUDANÇA	4,3587	MUDANÇA	4,7097
Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	1,4742	Áreas Não Urbanizadas - Áreas Não Urbanizadas	3,3084
Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	2,8845	Áreas Urbanizadas - Áreas Urbanizadas	1,4013
SEM MUDANÇA	4,5693	SEM MUDANÇA	22,3848

De uma forma geral, houveram maiores mudanças no período de 2010 a 2015. E nessa tabela estão sendo consideradas as mudanças de cobertura e do uso, onde as áreas de mudança e sem mudança em negrito são correspondentes as mudanças de cobertura, e as

demais são mudanças no uso, porém afim de reduzir inicialmente as descrições dos usos, optou-se por manter o agrupamento de classes (áreas urbanizadas e áreas não urbanizadas).

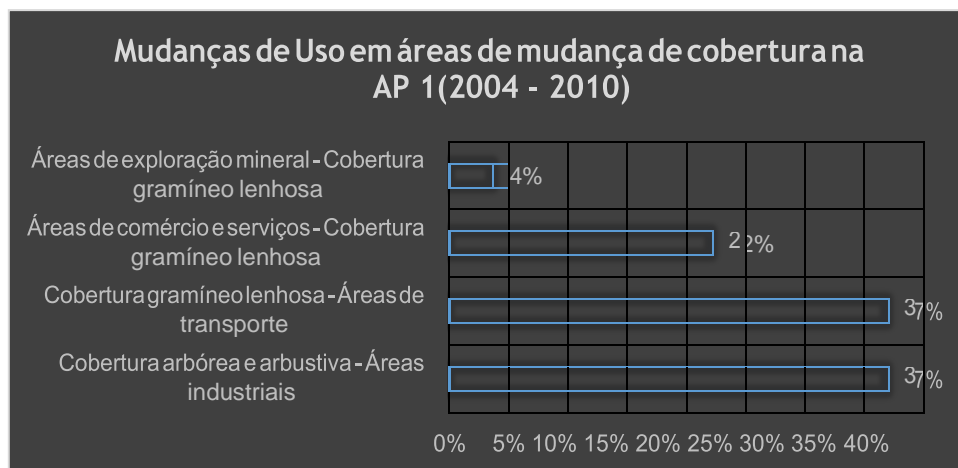
Na AP1, observa-se que no primeiro momento ocorreu maior mudança entre áreas urbanizadas para não urbanizadas, e mais, houve mudança no uso dentro das classes de áreas urbanizadas. Já no segundo momento só houve mudanças de áreas não urbanizadas e no primeiro momento.

Apresentou-se um equilíbrio de mudanças entre áreas urbanizadas e não urbanizadas na AP2 no primeiro período de análise. E no segundo momento há uma maior mudança de áreas urbanizadas para não urbanizadas, e ainda dentro de áreas sem mudança na cobertura, apresentou mudança de uso entre classes urbanizadas.

As Áreas de Planejamento 3, 4 e 5 há uma predominância na mudança de áreas urbanizadas para não urbanizada nos dois momentos, e variações internas nas áreas sem mudanças de nas áreas urbanizadas.

O Gráfico 9, 10, 11, 12 e 13, expõem as classes de mudança de uso dentro das áreas de mudança ou não de cobertura de cada Área de Planejamento. Lembrando que as áreas sem mudança de cobertura podem apresentar mudança de uso, como visto anteriormente.

Gráfico 9: Mudanças de Uso em áreas de mudança de cobertura na AP 1(2004 - 2010)

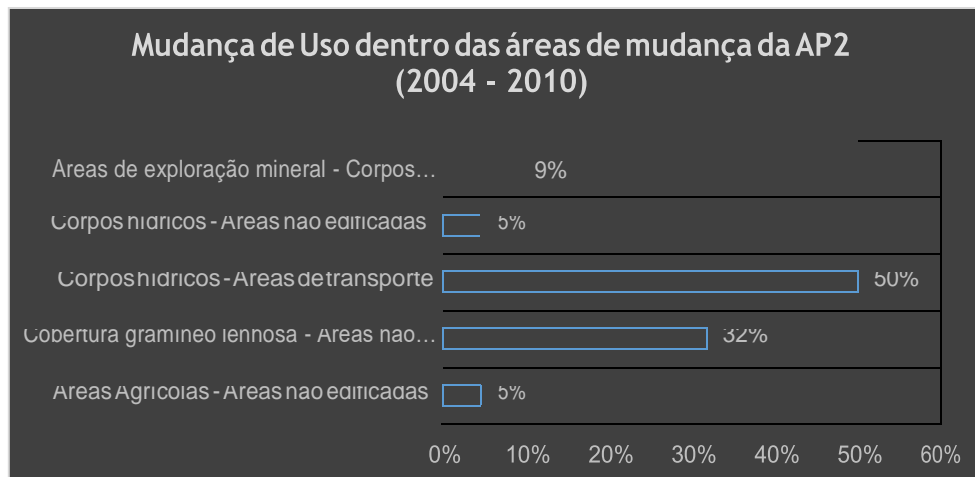


Dentro das áreas que apresentaram mudança de cobertura, 37% são de transformações entre cobertura gramínea lenhosa para áreas de transporte, e mudanças da cobertura arbórea e arbustiva para áreas industriais. E nesse período ocorreram instalações de indústrias em Santa Cruz e Cordovil, como destacado anteriormente.

Dentro das áreas de mudança de uso, no que foi dito como não mudança de cobertura, 62% se deu entre áreas de comércio e serviço para áreas de transporte.

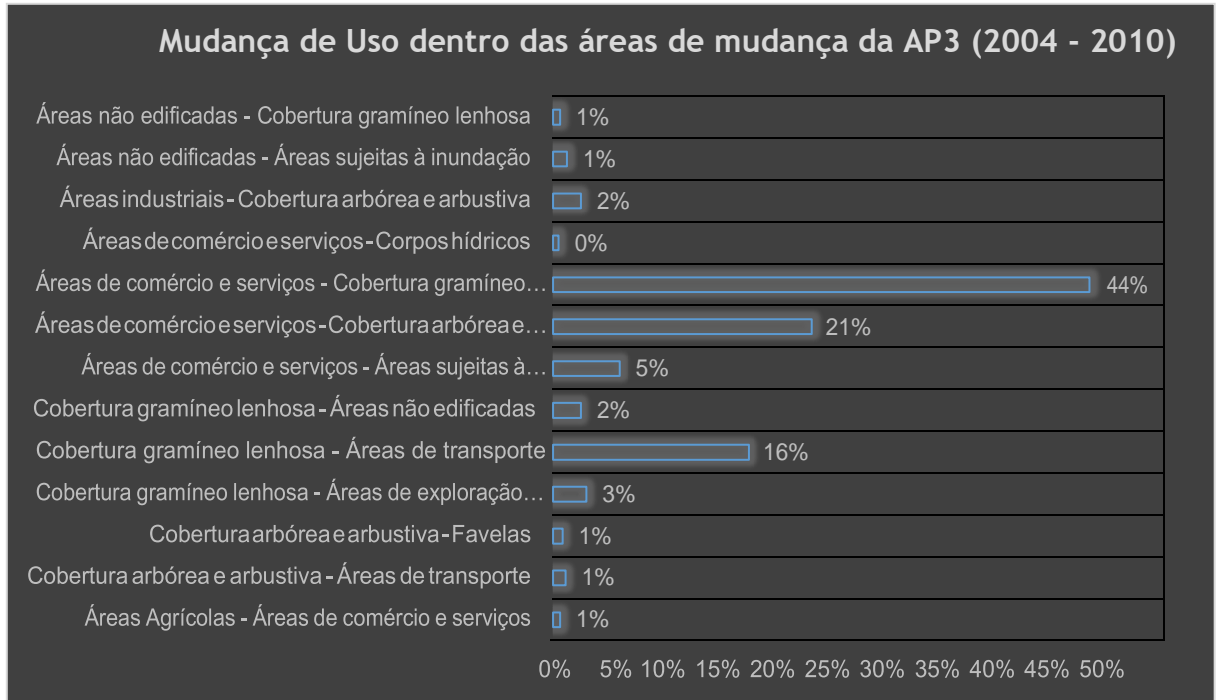
A AP2, assim como as demais, apresentou além das áreas de mudança esperadas, mudanças dentro da classe “áreas urbanizadas” de áreas supostamente sem mudança de cobertura, porém serão destacados apenas nas áreas onde houverem maior relevância.

Gráfico 10: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP2 (2004 - 2010)



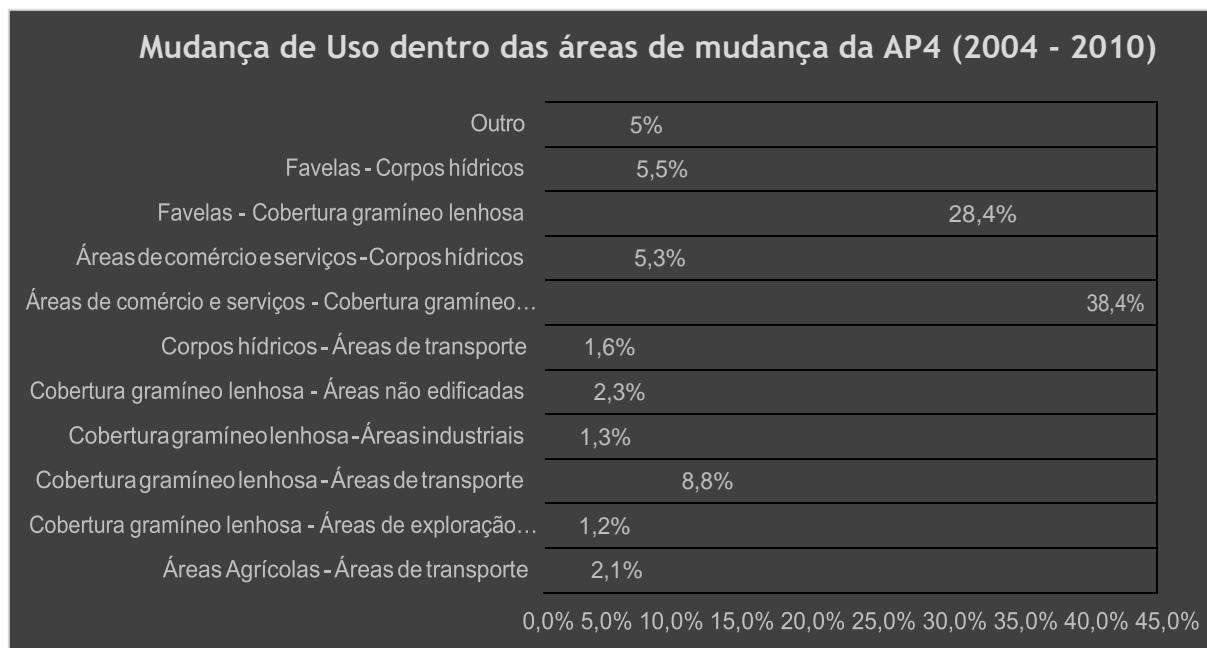
As mudanças que mais se destacaram foram de corpos hídricos para áreas de transporte e cobertura gramíneo lenhosa para áreas não edificadas.

Gráfico 11: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP3 (2004 - 2010)



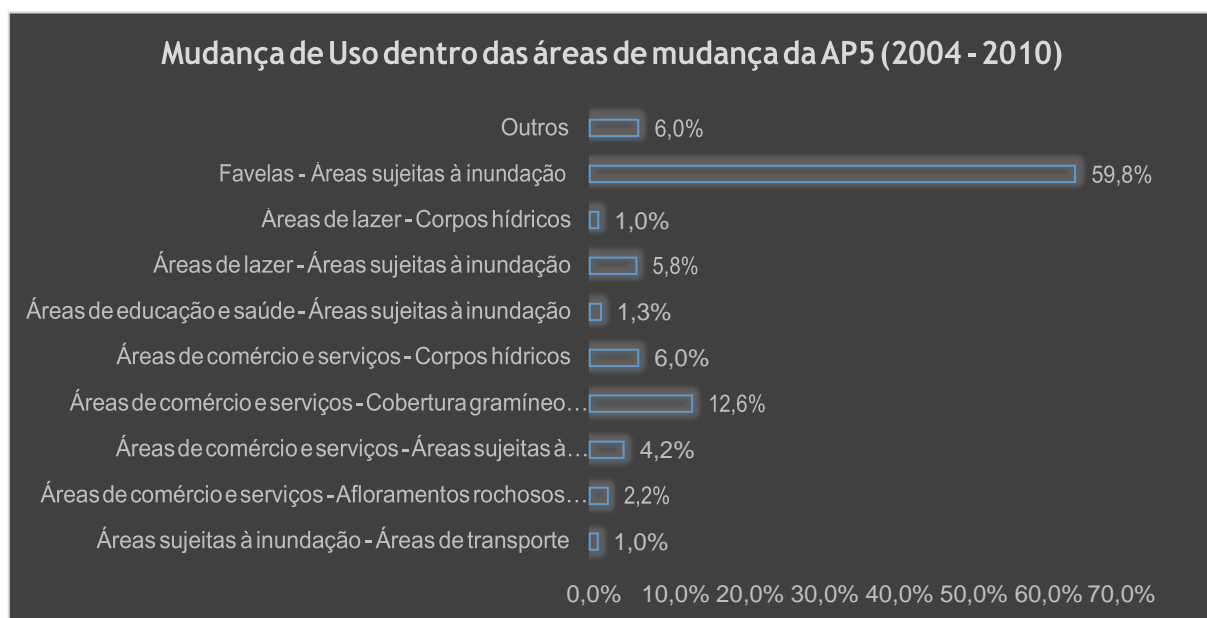
Os três grandes grupos que se destacam de mudança na AP3, são as transformações de áreas de comércio e serviço para cobertura gramínea lenhosa e cobertura arbórea arbustiva, e cobertura gramínea lenhosa para áreas de transporte.

Gráfico 12: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP4 (2004 - 2010)



Nessa AP os maiores destaques são para mudança de área de comércio e serviço para área de cobertura gramíneo lenhosa, favelas se tornando cobertura gramíneo lenhosa, e gramíneo lenhosa para áreas de transporte.

Gráfico 13: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP5 (2004 - 2010)



Na AP 5, vemos dentro da área de mudança que áreas de comércio e serviço e favelas

foram suprimidas e tornaram-se áreas sujeitas a inundação.

No período de 2010 a 2015, as mudanças da AP1 foram em sua maioria entre áreas não urbanizadas. E dentro disso, 93% dessas áreas de mudança, para essa área de planejamento, foram de áreas de cobertura gramíneo lenhosa para áreas não edificadas, e 7% de corpos hídricos para área de exploração mineral.

Na AP2, gráficos 14 e 15, os maiores destaques de mudança foram de áreas não edificadas para cobertura gramíneo lenhosa, e de áreas de comércio e serviço para corpos hídricos. E nas áreas sem mudança de cobertura, porém com mudança de uso, destaca-se áreas com cobertura gramínea lenhosa para áreas sujeitas a inundação.

Gráfico 14: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP2 (2010 - 2015)

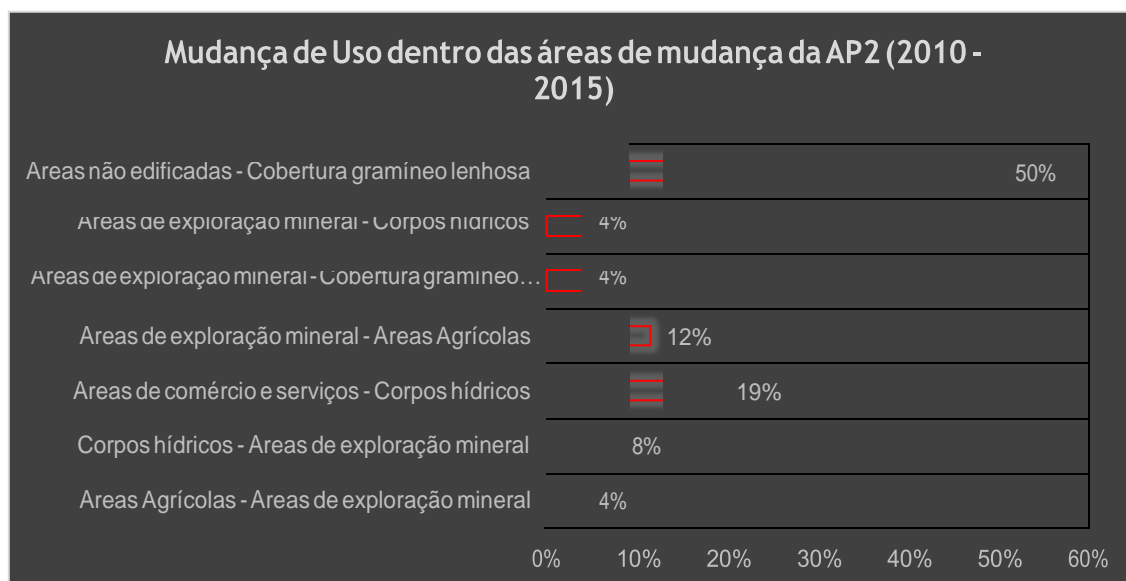
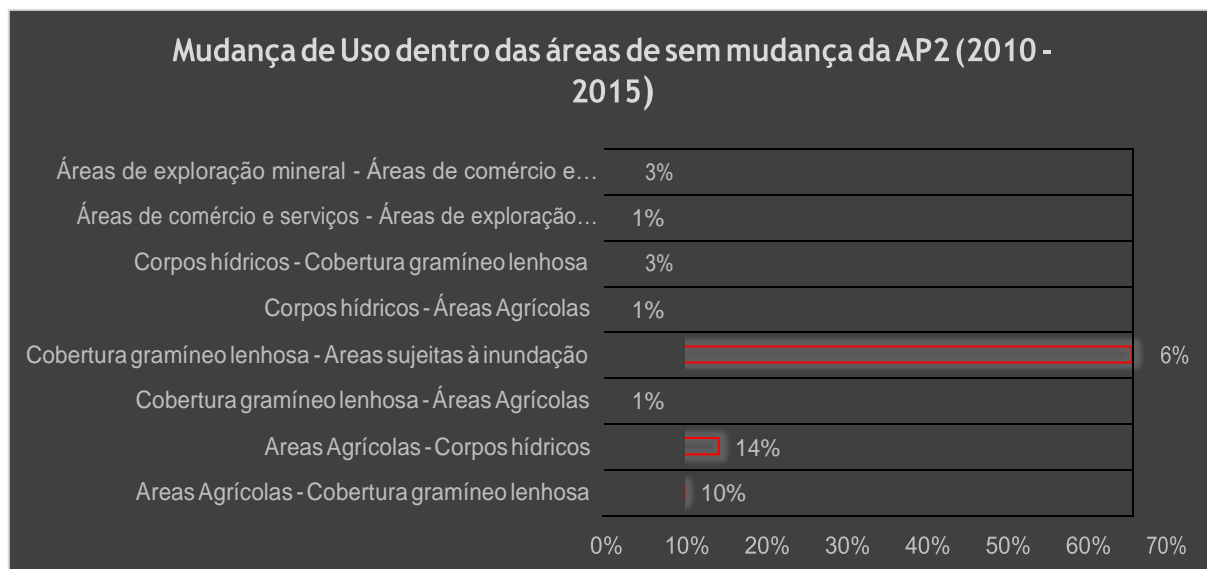


Gráfico 15: Mudança de Uso dentro das áreas de sem mudança da AP2 (2010 - 2015)



Dentro das áreas de mudança da AP3, gráficos 16 e 17, se destacam as áreas de comércio que se tornaram cobertura gramíneo lenhosa. As mudanças internas das classes “áreas urbanizadas” destaca-se as áreas de comércio e serviços para áreas de transporte.

Gráfico 16: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP3 (2010 - 2015)

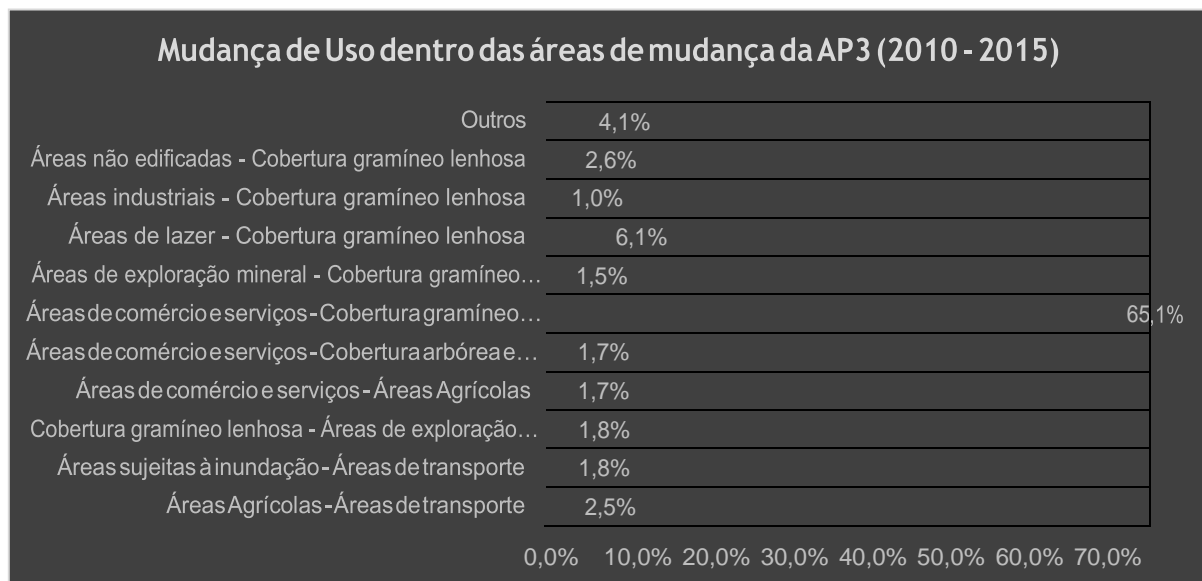
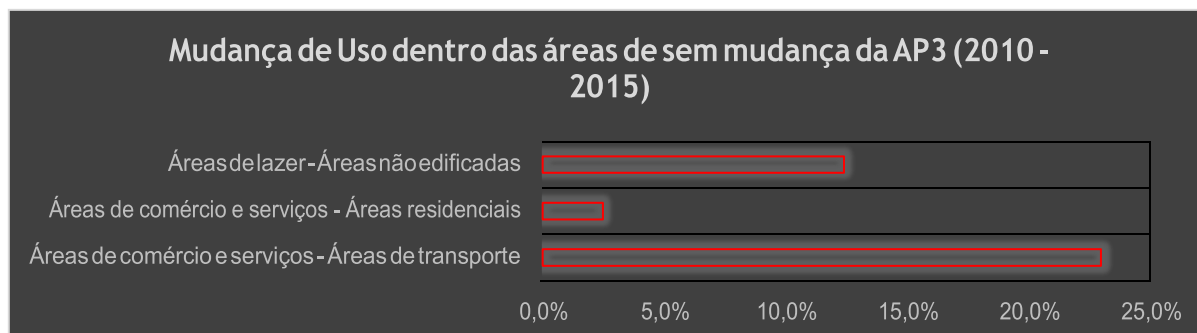


Gráfico 17: Mudança de Uso dentro das áreas de sem mudança da AP3 (2010 - 2015)



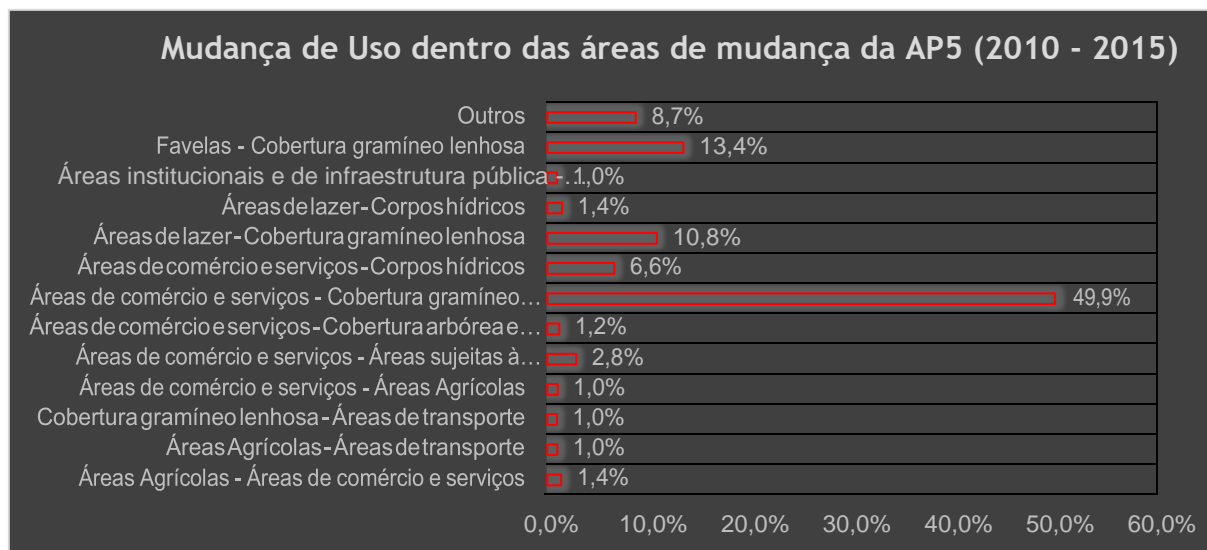
Na AP4, gráfico 18, ocorreu um grande aumento das áreas de cobertura gramínea lenhosa em detrimento de áreas de favela e áreas de comércio e serviços. e também, ocorreu o aumento de áreas de transporte em cima de áreas gramíneo lenhosa.

Gráfico 18: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP4 (2010 - 2015)



Dentro das áreas de mudança da AP5, gráfico 19, as mudanças mais significativas foram de favelas e áreas de comércio e serviço para cobertura gramíneo lenhosa.

Gráfico 19: Mudança de Uso dentro das áreas de mudança da AP5 (2010 - 2015)



De uma forma geral, as mudanças sempre ficaram em torno da classe gramíneo lenhosa, tanto de acréscimo como para decréscimo da mesma, que são áreas com vegetação rasteira, gramíneas, situadas em planícies ou encostas, utilizadas ou não para atividades pastoris. Ou seja, grande parte foram oriundas dessas áreas ou se tornaram elas posteriormente.

5.3.4 - Validação entre as áreas de Mudança do Mapeamento IPP e a Plataforma GEE

Tendo o mapeamento oriundo da plataforma do GEE, fez-se necessário comparar com o mapeamento oriundo do IPP, na tentativa de validação. Tal perspectiva, está exposta nas tabelas 19 e 20.

Tabela 19: Comparação da cobertura do GEE com IPP (2004 – 2010)

2004 - 2010	Área em Km ²	%
MUDANÇA	53,1414	-
DIFERENÇA ENTRE OS MAPEAMENTOS	33,84	64%
IGUAL ENTRE OS MAPEAMENTOS	19,3014	36%
SEM MUDANÇA	1141,7508	-
DIFERENÇA ENTRE OS MAPEAMENTOS	158,0553	14%
IGUAL ENTRE OS MAPEAMENTOS	983,6955	86%

Dentro do mapeamento do GEE, e o tendo como base, no período de 2005 a 2010 (GEE) e 2004 a 2010 (IPP), nas áreas de mudança do GEE, 36% também foi tido como

mudança no IPP. E nas áreas de não mudança, 86% da área também foi não mudança no IPP.

Tabela 20: Comparação da cobertura do GEE com IPP (2004 – 2010)

2010 - 2015	Área em Km²	%
MUDANÇA	46,1349	-
DIFERENÇA ENTRE OS MAPEAMENTOS	34,5771	75%
IGUAL ENTRE OS MAPEAMENTOS	11,5578	25%
SEM MUDANÇA	1132,1721	-
DIFERENÇA ENTRE OS MAPEAMENTOS	160,7661	14%
IGUAL ENTRE OS MAPEAMENTOS	971,406	86%

No período de 2010 a 2015, para ambos mapeamentos, dentro das áreas de mudança apontada pelo GEE, 25% são também mudanças identificados no mapeamento do IPP. E nas áreas de igualdade se manteve os 86% de acerto.

A porcentagem de acerto nas áreas de mudança é baixa (36% e 25%), mas deve-se considerar que essa porcentagem é relativa as áreas de mudança vindo do GEE, que equivale a aproximadamente 53 e 46 Km² do município. Ou seja, é uma área menor, se comparado as áreas de não mudança, que é a maior parte do município, e se obteve uma boa porcentagem de acerto.

5.3.5 – Considerações das metodologias GEOBIA e GEE para a detecção de mudanças em áreas urbanas

Existem alguns pontos importantes a serem destacados na diferença entre as metodologias. Iniciando pela forma de se pensar no mapeamento. No GEOBIA, a imagem sendo convertida para objeto, dessa forma é possível utilizar diferentes meios para descrever o alvo, como a localidade e proximidade de outros alvos, a textura, o contexto, e etc. No GEE a classificação é feita baseada no pixel, tida usualmente como pixel-a-pixel. Ambas com vantagens e desvantagens.

Outro aspecto relevante é a quantidade de dados e tamanho da área de estudo. Nesse aspecto, o uso do GEOBIA se torna de certa forma limitado, pois precisa de espaço em disco para o armazenamento dos dados, enquanto o GEE faz uso da plataforma online do servido da Google.

No âmbito de edição manual, na plataforma online não foi possível se realizar a etapa de edição manual, onde o mapeamento passa pelo crivo do analista, e sofre alterações,

alterando áreas que o modelo pode ter errado. Por outro lado, essa etapa é possível dentro do ambiente da técnica do GEOBIA.

A qualidade e quantidade de amostras são relevantes para ambas as técnicas. Pois é baseado nelas que o modelo gerará a classificação. Então nos dois casos, é preciso que as amostras estejam bem representativas de acordo com as classes em pauta.

Tendo o tempo de mapeamento como uma variável importante para qualquer desenvolvimento de pesquisa. O GEE se apresentou com um tempo de processamento muito inferior ao utilizado para o GEOBIA, isso porque não é utilizado o espaço em disco do computador, e nem o processador, pois utiliza os dados na nuvem, e consome apenas rede de internet.

Pensando no detalhamento do contorno dos encontros entre as classes, o GEOBIA tende a ter contornos mais suaves, pois lida com a imagem como objetos. Mas apesar disso, os mapeamentos obtiveram algumas semelhanças em contornar o urbano. A figura 40 apresenta alguns limites para o ano de 2015.

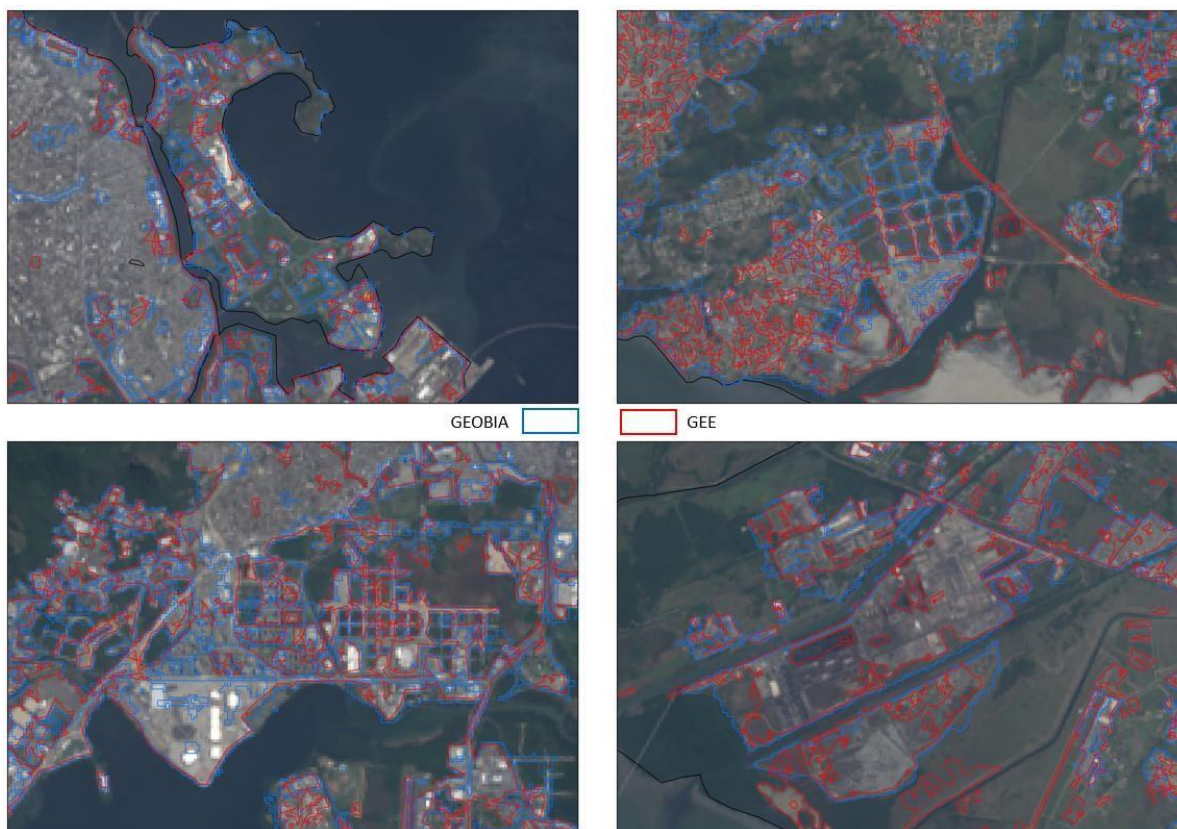


Figura 40: Comparação do contorno das áreas identificadas entre as técnicas GEE e GEOBIA

De uma forma geral, ambos possuem vantagens e desvantagens, tudo dependerá da

aplicação e do uso. Por exemplo, mapear uma área grande, e numa escala temporal grande, é possível que a melhor escolha seja trabalhar com a plataforma online da Google. E pensando em áreas menores, maiores detalhes, é viável utilizar o software que permita algumas etapas, como edição manual, de software como o eCognition.

5.4 - Considerações Finais

A presente pesquisa demonstrou o esforço de analisar fatores de estrutura que podem ter influenciado a mudança, como a implementação de rede viárias. Pois ter opções de locomoção interna na cidade favorecia uma determinada área. A implementação demanda custos com obras, que alteram a estrutura interna da forma e função de certas áreas da cidade.

Alguns pontos merecem atenção. A indisponibilidade de um mapeamento de referência para o ano de 2005 levou a escolha do mapeamento referência para o ano de 2004. E as áreas detectadas entre 2000 e 2005 pelo método GEOBIA, indicadas no capítulo I não foram validadas devido a inexistência de mapeamento oficial para o ano de 2000.

A validação das mudanças identificadas entre 2005 e 2010, e 2010 e 2015 nos permitem apontar um grande potencial de uso da técnica, com sensores de média resolução espacial com uma porcentagem de acerto significativa. Cabe realizar novas análises e testes para consolidar o nível de acerto.

As mudanças, no seu sentido literal, podem ser analisadas sob diferentes perspectivas. Com isso, foi proposto a análise da mudança usando uma metodologia de comparação de mapas disponibilizados por um órgão governamental. Esse tipo de análise pode ser um fator limitante, nem todo município dispõe de um acervo de dados de mapeamento como o Rio de Janeiro.

Somado a isso, é preciso considerar que tal método foi desafiador pois correlacionou dois produtos de diferentes escalas. Mas ainda assim foi satisfatório poder utilizar outras fontes seguras para qualificar as áreas detectadas. Pois é possível perceber as áreas de mudanças de função e criação de novas formas na cidade.

Quanto a possibilidade de se validar um mapeamento de escala espacial de 30m (Landsat), a metodologia se mostrou eficiente destacando enorme potencial para o uso da técnica com possível replicação em novas cidades. É importante realizar novos testes e

avaliar outros contextos espaciais.

O percentual de acerto obtido pela detecção de mudança realizada, quando comparada com um mapeamento de referência, se manteve acima de 70% devendo-se ser realizadas novas análises para consolidar os resultados

Os usos que sofreram as maiores mudanças de uma forma geral foram a classe gramíneo lenhosa, áreas de favela, comércio e serviço, e transporte. Cada um em uma região, num período.

Quanto à disposição das áreas de mudanças, há uma tendência a superestimar as áreas de mudança, porém há uma distribuição uniforme no município com maior concentração nas AP's 4 e 5.

Frente a isso, destaca-se a importância de se desenvolver e testar outras metodologias que sirvam de subsídio para estudos do espaço urbano.

VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA

A presente pesquisa se propôs a estudar a detecção de mudança sobretudo nas áreas urbanizadas da cidade do Rio de Janeiro, e meios para viáveis para viabilizar as análises. Na Etapa 1, conferido ao capítulo III, observou-se a importância do pré-processamento das imagens para garantir um bom resultado na detecção de mudança utilizando a amplitude dos índices como descritores na modelagem do conhecimento. Tal metodologia se mostrou eficiente e requer maiores testes para que seja mais consolidada e reaplicada a diferentes áreas e utilizando diferentes datas.

Outro aspecto importante a se destacar na etapa 1, é a segmentação dos objetos em análise. Essa é uma etapa extremamente importante, pois a delimitação do objeto influencia diretamente o resultado da modelagem.

Os descritores que apresentaram os melhores resultados na detecção de mudança foram a amplitude do NDWI e NDVI, diferentemente do esperado, que seria a amplitude do NDBI, já que se tratou de áreas construídas. Isso é possível justamente por ter sido trabalhado em ambiente de orientação a objetos, GEOBIA, que nos permite estudar e avaliar, e sobretudo utilizar diferentes tipos de descritores para um alvo específico. O mapeamento obteve como

resultado o índice kappa de

Com objetivo de pesquisar outras possibilidades de se identificar as áreas de mudança através de novas metodologia, na etapa 2, fez-se o uso da plataforma GEE. A experiência de se estudar áreas urbanas na nuvem foi satisfatória e inovadora, no âmbito de detecção de mudança urbana. Foi possível propor um caminho de datação do urbano.

Em ambas as etapas, precisa-se destacar a importância da parte de treinamento, de coleta de amostras, que é fundamental para um bom resultado. Uma diferença metodológica importante a se destacar é que no GEE o mapeamento foi feito por mineração de dados, o que requer ainda mais cuidado ao selecionar as amostras.

Um grande diferencial do GEE é permitir o processamento inteiro na nuvem, permite a utilização de diferentes imagens e dados, e aplicação em larga escala temporal e espacial. O grande diferencial é a acessibilidade a uma quantidade considerável de dados em um tempo relativamente curto. E mais, o objetivo dele não é necessariamente um mapeamento de uma localidade, ou para uma data. Esses mapeamentos até podem ser realizados na plataforma, mas não seria uma melhor escolha. Ele se destaca na agilidade temporal e em permitir que o usuário realize um mapeamento em larga escala seja espacial ou temporal.

A vantagem de se utilizar a técnica de GEObIA é transformar a imagem em objetos, é poder fazer uso do contexto do objeto para a classificação, usar diferentes níveis de segmentação, uma vez que a delimitação do objeto influencia na percepção do mesmo. Outra vantagem é a possibilidade de edição do mapeamento no mesmo ambiente. Porém, demanda mais tempo de processamento, ocupa maior espaço em disco de armazenamento no computador.

Em contrapartida, a utilização do GEE reduz grandemente o tempo de processamento da classificação e não precisa de espaço em disco para armazenamento e processamento dos dados. Como desvantagem, é preciso ter uma boa conectividade com a internet e ter conhecimento de linguagem de programação. Outra vantagem de se trabalhar na nuvem é a possibilidade de resgatar os arquivos e dados em qualquer lugar, a qualquer hora. E um ponto positivo que se destaca é a possibilidade de trabalhar com Big Data, ou seja, um volume enorme de dados, por exemplo não limitar as datas a serem trabalhadas. Porém, não foi possível realizar o refinamento de efeitos pulverizados por ser uma classificação pixel a pixel, e não foi possível realizar a fase de edição manual do mapeamento na plataforma, pois essas

etapas demandam um conhecimento mais robusto de programação.

Tendo em mãos os dois mapeamentos, e suas respectivas validações, o mapeamento oriundo do GEOBIA obteve um melhor resultado segundo o índice kappa de 0.85 e exatidão Global de 87,16%, enquanto que o índice kappa do GEE variou de 0,69 a 0,79. Portanto, foi escolhido o do GEOBIA para ser feito os estudos de caracterização das áreas.

Ao pensar na caracterização de um mapa por outro oficial é preciso pensar sobre diferentes aspectos. O primeiro é se existe os dados para a região estudada, se sim, se é possível acessar esses dados. Na presente pesquisa, buscou-se os dados do IPP, porém não foi possível encontrar dados para 2000 e 2005, no caso de 2005 foi utilizado o mapeamento de 2004. Outro aspecto foram as diferenças de escala. O mapa produzido pelo IPP possuía escala de 1:10000, e os mapeamentos gerados na pesquisa atendem a escala de 1:100000.

Porém, apesar das limitações o percentual de acerto obtido pela detecção de mudança realizada, quando comparada com um mapeamento de referência, se manteve acima de 70% devendo-se ser realizadas novas análises para consolidar os resultados. E a validação das mudanças identificadas entre 2005 e 2010, e 2010 e 2015 nos permitem apontar um grande potencial de uso da técnica, com sensores de média resolução espacial com uma porcentagem de acerto significativa. Cabe realizar novas análises e testes para consolidar o nível de acerto.

Para a proposta da presente pesquisa a técnica que melhor se adequou foi a utilização do GEOBIA, pois foi feito a edição manual e a remoção de ruídos no próprio software. Porém, o GEE não foi testado em sua completude, foi limitado a trabalhar em quatro datas, diminuindo assim o potencial da ferramenta que se mostrou muito promissora.

Por fim, a pesquisa proporcionou a possibilidade de investigações interna de forma mais aprofundada e temporal. Abrindo possibilidades de novos estudos específicos em cada área de planejamento, região administrativa e bairros. Estudos esses que demandarão maior tempo de jornada pois o ambiente urbano sofre alterações constante em sua dinâmica.

VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. D. A. Sobre a memória das cidades. Revista Território, 3(4), 5-26. 1998

AGENCIA BRASIL EBC. 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2017-05/alerj-aprova-prorrogaçao-do-estado-de-calamidade-financeira-do-rio-ate-2018>

ALVES, C.D; PEREIRA, M.N; ALVES, H.P.F; MONTEIRO, A.M.V; Caracterização intra-urbana das áreas de expansão periféricas e periurbanas da Região Metropolitana de São Paulo com o uso de imagens de alta resolução espacial visando espacializar as áreas de vulnerabilidade socioambiental. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE.

ALVES, C.D; PEREIRA, M.N; FLORENZANO, T.G; Mapeamento das novas formas de ocupação urbana por meio da análise orientada a objeto. Estudo de caso: Aglomeração Urbana de Piracicaba. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE.

ALMEIDA, C. M. Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano e regional. Arq.Urb. – Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo (USJT), V.3, p.98-123, 2010.

AMARAL, F. G., ABREU, M. B., CRUZ, C. B. M. Pré-processamento de imagens orbitais visando o estudo de detecção de mudanças. 2015.

ANAZAWA, T. M; SILVA, A. E. P; FONSECA, L.M.G; MONTEIRO, A.M.V; FEITOSA, F.F. Análise dos padrões de ocupação urbana em São Sebastião (SP), a partir de imagens CBERS 2B e LANDSAT 7 Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE

ANDRADE, L.L; CASTRO, R.M; GALVÃO, L.S; Análise da separabilidade de materiais urbanos utilizando imagens das bandas VNIR, SWIR e TIR do sensor HSS. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

ANJOS, C.S; ALMEIDA, C.M; GALVÃO, L.S; Identificação de materiais urbanos por meio de métodos inovadores de classificação de imagens. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE

ARAÚJO, E.L; RUFINO, I.A.A; LUNGUINHO, R.L; Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB através de imagens de satélite. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE

ARAÚJO, J.G; HADLICH, G.M; ASSUMPCÃO, H.C.P; Expansão urbana de Jacobina, Bahia, no período de 1969 a 2008. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

BASTIÉ, J.; DEZERT, B. L'espace urbain. Paris: Masson, 1980.

BARBOSA, Z.N.T; OLIVEIRA, W.N; OLIVEIRA, R.M; Análise multitemporal da ocupação urbana ao longo do Ribeirão Santo Antônio – Região de Aparecida de Goiânia-GO. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

BARROS, L. S; BALIEIRO, C. P. P.; GARCIA, E.; PINHO, B. C. Detecção temporal de área urbana utilizando imagens de alta e média resolução espacial, município de Santarém – PA. 2015.

BEAUJEU-GARNIER, J. Geografia Urbana. 1995.

BELÉM, L.B.C; PERES, L.F; LUCENA, A.J; FRANÇA, J.R.A; FILHO, O.C.R; BARROS, L.R.L;
Transformações espaciais no COMPERJ utilizando dados de sensoriamento remoto. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015

BELISÁRIO, P.R; RIBEIRO, M.R; FILHO, M.V; Análise da Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo e suas Implicações com o Zoneamento do Solo Urbano na Bacia do Ribeirão Cambuí, São José dos Campos - SP. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE

BEPPLER, M; ANTUNES, A.F.B; Estudo da potencialidade do uso de imagem QuickBird para atualização do cadastro urbano. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE.

BLASCHKE, T.; HAY, G. J.; KELLY, M.; LANG, S.; HOFMANN, P.; ADDINK, E.; FEITOSA, R.Q.; MEER, F.V.D.; WERFF, H.V.D.; COILLIE, F.V.; TIEDE, D. Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 87, p. 180-191, 2014.

BORSOI, V; JUNIOR, R.A.N; Análise multitemporal da expansão da urbana em área de proteção permanente no município de Caçapava – SP. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE

BOULOMYTIS, V.T.G; ALVES, C.D; Classificação de imagens TM5-Landsat com análise orientada a objeto para a verificação da expansão urbana de Bueno Brandão, MG. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

BRIGATTI, N; DAL'ASTA, A.P; AMARAL, S; ESCADA, M.I.S; GAVLAK, A.A; Identificação de áreas edificadas e núcleos urbanos na região Amazônica utilizando dados do sensor Landsat-TM5. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

BOURSCHEIDT, V. Análise de tendência da temperatura de superfície a partir de imagens Landsat 5: contribuições da plataforma Google Earth Engine. 2017.

BOURSCHEIDT, V.; BREUNIG, F. M. Variação do fator de reflectância bidirecional da floresta de Misiones, Argentina: Integração de dados MODIS através do Google Earth Engine. 2017.

BREUNIG, F. M.; BOURSCHEIDT, V. Análise comparativa dos padrões de reflectância bidirecional em função da hora de aquisição das imagens. 2017

CASTILLA, G. & HAY, G. J. Image objects and geographic objects. In: BLASCHKE, T., LANG, S., HAY, G. J. (eds.) Object Based Image Analysis - Spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications. Springer-Verlag, Berlin, 2008. Capítulo 1.5. p. 97 – 112.

CARNEIRO, A.M.C, DUTRA.L.V. Construção de um mapa de conforto urbano de Belo Horizonte com uso de imagens ASTER e modelo múltiplo de mistura. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009.

CARNEIRO, A.M.C; DUTRA, L.V; Construção de um mapa de conforto urbano de Belo Horizonte com uso de imagens ASTER e modelo múltiplo de mistura. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE

CARVALHO, M.V.A.KUX, H.J.H, FLORENZANO, T.G. Análise de imagem baseada em objeto e mineração de dados aplicadas à classificação do uso do solo urbano por quadra em imagens WorldView-2. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

CARVALHO, M.V.A; SILVA, G.F; CRUZ, C.B.M; VICENS, R.S; Análise da expansão urbana na cidade do

rio de janeiro -área de planejamento 4: ensaios preliminares para a detecção de mudanças híbrida. Anais III jornada de geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

CHAO, R.G.C; ALMEIDA, T.I.R; BRANCO, F.C; TERUIYA, R.K; SILVA, A.C.N; ARAÚJO, C.C; LIOTTE, S.V; Dinâmica urbana a partir de dados multitemporais e multisensores: o caso de Havana, Cuba. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE.

CAMPOS, V. B. G., & RAMOS, R. A. Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável relacionando transporte e uso do solo. 2005.

COPPIN, P. *et al.* Digital Change Detection Methods In Ecosystem Monitoring: a review. International Journal of Remote Sensing. Taylor e Francis Ltd., n. 9, p. 1565-1596, 10 mai. 2004.

COSTA, D.F; PERES, L.F; SILVA, H.R; Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE.

CORRÊA, R. L. O espaço urbano. 1989.

CAYO, E. Y. T.; CHAVES, J. M. Google Earth Engine como herramienta de detección de cambios espaciales e multitemporales: Caso glaciar Quelccaya, Perú. 2017

DAL'ASTA, A.P, AMARAL, S, MONTEIRO, A.M.V Sensoriamento remoto para a caracterização intraurbana de cidades Amazônicas: uma abordagem classificatória híbrida para o caso da cidade de Santarém (PA). Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015.

DEUS, L.R; ALFAYA, F.A.V.S; SOUZA, U.D.V; TOMÁS, L.R; FONSECA, L.M.G; Detecção de edificações em áreas urbanas por meio de classificação de pontos LiDAR Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE

DOBSON, J. E. *et al.* NOAA Coastal Change Analysis Program: Guidance for Regional Implementation. NOAA Technical Report NMFS 123. National Marine Fisheries Service Department of Commerce United States of America, abril de 1995.

FEITOSA, I.L; MACEDO, M.A; PINHEIRO, E.S; Avaliação das imagens do sensor HRC/CBERS para mapeamento urbano. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE

FIDALGO, E.C.C. ABREU, M.B. Uso de imagens ASTER para o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio São Domingos, RJ. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005.

FILHO, L.E; QUINTANILHA, J.A; Caracterização de objetos do cenário urbano através de índices de realce extraídos de dados do sensor HRSC-AX. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE

GOMES, E.S; VESTENA, L.R; O uso de geotecnologias para a análise espaço-temporal da expansão urbana de Guarapuava-PR entre 1995 e 2011.

GONÇALVES, C.D.A.B. PEREIRA, M.N. SOUZA, I.M. Uso de imagens CBERS para mapeamento de uso do solo urbano como subsídio ao planejamento. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia 2005.

GONÇALVES, R. S. Favelas do Rio de Janeiro: História e direito. 2013.

GRABSKI, K.R; FARINA, F; AYUP-ZOUAIN, R; SILVA, T.S; Estudo da dinâmica da urbanização e seus

impactos sobre ambientes costeiros baseado em Sensoriamento Remoto e SIG. Caso do município de Santa Vitória do Palmar, RS. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015

GRISE, M.M; ARAKI, H; BIONDI, D; O uso de imagens de satélite de alta resolução espacial - GeoEye na identificação da arborização urbana. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

GUERRA, J. B.; SCHULTZ, B.; SANCHES, I. D. Mapeamento automático da expansão da agricultura anual no MATOPIBA entre 2002 e 2015 utilizando a plataforma Google Earth Engine. 2017.

HANSEN, M. C., KRYLOV, A., TYUKAVINA, A., POTAPOV, P. V., TURUBANOVA, S., ZUTTA, B.; MOORE, R. Humid tropical forest disturbance alerts using Landsat data. *Environmental Research Letters*, 11(3), 034008. 2016.

HARVEY, D. Cidades Rebeldes. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Áreas urbanizadas do Brasil. Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 28 p. – (Relatórios metodológicos, ISSN 0101-2843; v. 44.

INTEL. A Nuvem Educacional: A educação disponibilizada como um serviço. Brasil, 2013. Disponível em: https://www.k12blueprint.com/sites/default/files/ITDM_education_cloud_final.pdf. Acesso em: 15 ago 2017.

IWAI, O.K; Mapeamento do uso do solo urbano do Município de São Bernardo do Campo, Dissertação de Mestrado – USP. 2003.

JUNIOR, H.T; FILHO, A.C.P; LASTORIA, G; CORREA, L.C; LAJO, A.A.M; DALMAS, F.B; Contribuição da classificação orientada a objeto em áreas urbanas Divulgação Científica e tecnológica do IFPB| N° 3 2, 2016

JUNIOR, N.R.C; SOUZA, L.J.F; JUNIOR, L.C.P; Utilização de imagem Landsat TM na análise da ocupação urbana do município de Goiânia – GO Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

KATUTA, A. M.; SILVA, W. R. (orgs). O Brasil frente aos arranjos espaciais do Século XXI.2007.

KUPLICH, T. M.; COSTA, L. F. F.; CAPOANE, V.; BARBIERI, A. Primeira aproximação dos Tipos Funcionais de Vegetação do Rio Grande do Sul. 2017

KUX, H.J.H; NOVACK, T; FONSECA, L.M.G; Mapeamento de favelas usando classificação orientada a objeto – estudo de caso em Paraisópolis, São Paulo (SP) Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE.

LACOSTE, Y. Dicionário de Geografia. Lisboa, Teorema, 2005 [2003].

LANDAU, E.C; OLIVEIRA, R.P.C; SANTOS, M.C.; GUIMARÃES. D.P Expansão Urbana da Cidade de Sete Lagoas/MG entre 1949 e 2010. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE

LEITE, M.E; LEITE, M.R; PEREIRA, D.M; BRITO, J.L.S; Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento dos assentamentos urbanos ilegais. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

LOBO, C., & MATOS, R. Migrações e a dispersão espacial da população nas Regiões de Influência das principais metrópoles brasileiras. *Rev. bras. estud. popul.*, 28(1), 81-101. 2011.

LOPES, C.A.L; SANO, E.E; PASCUAL, M.F. Imagens RADARSAT-2 aplicadas ao monitoramento ambiental de obras de mobilidade urbana: o caso da Via Expressa Transolímpica no Rio de Janeiro/RJ. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

LOURENÇO, J. S. Q.; CRUZ, C. B. M. ; SOUZA, E. M. F. R.; BARROS, R. S. Classificação da Ocupação Urbana por meio de imagens orbitais no suporte ao monitoramento em mesoescala (1: 100.000) com o auxílio da mineração de dados. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

LOURENÇO, J. S. Q. Detecção de mudanças em áreas antrópicas no município do Rio de Janeiro nos anos de 1990, 2004 e 2014 com auxílio da temperatura da superfície. 2016.

LOVISI, T.P. LOURENÇO J.S.Q., FIGUEIREDO, T.S, TORRES, C.D, RIBEIRO, L.S. SEABRA, V.S Caracterização da ocupação urbana dos bairros de Niterói a partir de mapeamento de uso e cobertura da terra e análise de dados censitários. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015.

LU, D. *et al.* Change Detection Techniques. International Journal of Remote Sensing. Taylor e Francis Ltd., n. 25, p. 2365-2407, 20 jun. 2004.

MA. L, LI, M. BLASCHKE, T. MA, X. TIEDE, D. CHENG, L. CHEN, Z. CHEN, D; Object-Based Change Detection in Urban Areas: The Effects of Segmentation Strategy, Scale, and Feature Space on Unsupervised Methods. Remote Sensing Journal. 2016, 8, 761; Doi:10.3390/rs8090761.

MACHADO, D.C.S; ABREU, M.B; CRUZ, C.B.M; Análise da expansão urbana na mesorregião Norte fluminense entre os anos de 1994 e 2007 utilizando dados de contagem populacional e imagens orbitais Landsat-5 TM Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE

MARQUES, D. R. Planejamento de transportes como princípio fundamental do planejamento urbano. 2015.

MASEK, J.G; LINDSAY, F, E; and GOWARD, S.N; Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973–1996, from Landsat observations int. j. remote sensing, 2000, vol. 21, no. 18, 3473–3486

MATSUOKA, J.V; HAERTEL, V; Investigação do processo de segmentação multiresolução utilizando o critério de ponderação de formas e cores aplicadas às imagens de áreas urbanas de alta resolução espacial do satélite Ikonos. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE.

MELL, P.; GRANCE, T. The NIST Definition of Cloud Computing (Draft). (2011) Disponível em: http://docs.ismgcorp.com/files/external/Draft-SP-800-145_cloud-definition.pdf. Acessado em: 15 ago 2017.

MELLO, J. A. V; AFONSO, H. C. A; FILHO, R. D.; MELLO, A. J. R. Morfologia Urbana e o Sistema BRT na Rede de Transporte Regional da Cidade do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a15v36n01/15360111.html>.

MIRANDA, E. E. de; GOMES, E. G. GUIMARÃES, M. Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 6 set. 2015.

MIRANDA, E.E; GOMES, E.G; GUIMARÃES, M; Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE.

MOREIRA, M. A. Efeito da variabilidade climática sobre a dinâmica das florestas de mangue: o caso do

complexo estuarino de Caravelas – Nova Viçosa, Bahia, Brasil. 2015

MYEONG, S. NOWAK, D.J.; DUGGIN, M.J.; A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 101 (2006) 277 – 282

NAKAMURA, J.C.S. NOVO, E.M.L.M. Mapeamento da mancha urbana utilizando imagens de média resolução: sensores CCD/CBERS2 e TM/Landsat5 - estudo de caso da cidade de Rio Branco-Acre. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia.2005*

NEMMOUR, H; CHIBANI, Y; Multiple support vector machines for land cover change detection: An application for mapping urban extensions. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 61 (2006) 125–133

NETO, A.A.B; FABRIZ, A; LORENA, R.B; Mapeamento espaço-temporal da expansão urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória no período de 1991 a 2009, no estado do Espírito Santo. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.*

NOVACK, T. RIBEIRO, B.M.G; KUX, H.J.H; Análise dos dados do satélite WorldView-2 para a discriminação de alvos urbanos semelhantes com base em algoritmos de seleção de atributos *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE*

NOVACK, T. Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor Quickbird. *Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 214 p., 2009.*

OLIVEIRA, F.F.G; NUNES, E. Sensoriamento Remoto na análise espaço-temporal da expansão da mancha urbana em Natal/RN (1969-2002). *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005.*

OLIVEIRA, A.P.; LOURENÇO, J. S. Q.; DUARTE, G. S.; SOUZA, E. M. F. R.; ALMEIDA, P. M. M. Dinâmica espacial da população do Rio de Janeiro entre 1970 e 2010 utilizando geotecnologias. 2015.

PANCHER, A.M; ROSSETTI, L.A.F.G; MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO: Análise comparativa entre os métodos de classificação manual e digital. *XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Expositiva*

PAZ, O.L.S. NUCCI, J.C. VALASKI, S. Mapeamento da Cobertura da Terra e da Qualidade Ambiental do Bairro Boavista (Curitiba/PR) por meio de imagens disponibilizadas pelo Google Earth e como uso do software livre. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015.*

PINHO, C.D. Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada a classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos – SP. 2005.

PINHO, C.M.D; UMMUS, M.E; NOVACK, T; Simulação do comportamento espectral de alvos urbanos em sensores multiespectrais. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE.*

PINHO, C.D. Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada a classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos – SP. 2005.

PINHO, C.M.D.; ALMEIDA, C.M.; KUX, H.J.H.; RENNÓ, C.D.; FONSECA, L.M.G. Classificação de cobertura do solo de ambientes intra-urbanos utilizando imagens de alta resolução espacial e classificação orientada a objetos. In: ALMEIDA, C.M.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. *Geoinformação em urbanismo: cidades real X cidade virtual.* São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 8, p.171 – 192

POLIDORO, M; NETO, O.C.P; Análise Da Evolução Da Mancha Urbana Em Londrina-Pr Através Das

Técnicas De Sensoriamento Remoto. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. p.144. São José dos Campos - SP: Editora Parêntese, 2009.

PRADO, F.de A. 2009. Sistema hierárquico de classificação para mapeamento da cobertura da terra nas escalas regional e urbana /Fernanda de Almeida Prado Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Presidente Prudente, 168p.

QUATTROCHI, D.A. and LUVALL, J.C; Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect. INT. J. REMOTE SENSING, 1997, VOL. 18, NO. 2, 304.

RIBEIRO, B.M.G; MENDES, C.A.B. Índice de Qualidade Ambiental Urbano: uma Proposta metodológica aplicada a áreas urbanas de ocupação irregular. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

ROGAN, J.; FRANKLIN, J.; ROBERTS, D.A. A Comparison of Methods for Monitoring Multitemporal Vegetation Change Using Thematic Mapper Imagery. Remote Sensing of Environment. New York, NY: Elsevier, n. 80, 2002, p. 143–156.

ROSSINI-PENTEADO, D.R. MARQUES, M.L. GUEDES.C.M. GIBERTI.P.P.C. Classificação orientada por regiões em imagem IKONOS para a identificação e análise da cobertura do solo urbano de Ubatuba (SP). Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 2007.

ROVERSI, F.; SCUDELAR, A. C.; MATOS, M. F. A.; AMARO, V. E.; ROSMAN, P. C. C.; NEVES, C. F. Alterações morfológicas e evolução da carcinicultura no Sistema Lagunar de Guaraíras – RN. 2017.

SALIM, A; LUCHIARI, A; Utilização de geotecnologias para inferências populacionais no espaço urbano do município de Guarulhos-SP.

RUBIM, I. B.; COELHO, R. C.; BARROS, R. S.; CRUZ, C. B. M. Correção atmosférica de recorte de imagem do RapidEye com diferentes modelos atmosféricos e estimativas de visibilidades no 6S e Atcor. 2015.

SANTOS, E.R.S; FERREIRA, M.E. Mapeamento Temporal das Áreas Urbanas no Eixo Brasília-Anápolis-Goiânia através dos Sensores Orbitais DMSP/OLS e Landsat 5 - TM Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

SANTOS, M.; ELIAS, D. Metaformoses do Espaço Habitado. 1997

SANTOS, M. Pensando o Espaço do Homem. 5 ed. 2004

SANTOS, R. H. L. Mapeamento da Vegetação Natural e Análise da Fragmentação Florestal Utilizando Imagens de Alta Resolução Espacial e de Classificadores Baseados em Objetos. 2013

SETO, K.C; KAUFMANN, R, K; Modeling the Drivers of Urban Land Use Change in the Pearl River Delta, China: Integrating Remote Sensing with Socioeconomic Data. Land Economics February 2003 79(1): 106–121 ISSN 0023-7639 © 2003 by the Board of Regents of the University of Wisconsin System.

SHIBA, M. & ITAYA, A. Using eCognition for Improved Forest Management and Monitoring Systems. In: Precision Forestry. Field Science Education and Research Center, Kyoto University, Japan, Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Japan, 2006.

SILVA, A.C; RIBEIRO, S.R.A. Aplicação da lógica Fuzzy para identificação das condições de moradias urbanas de Ponta Grossa – PR. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do

Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

SILVEIRA, V.M.M.; SILVA, T.S.; AYUP-ZOUAIN, R.N; Utilização De Imagens Noturnas Para A Otimização Na Delimitação De Áreas Urbanas. Anais, Congresso Brasileiro de Cartografia (CBC) 2014

SINGH, A. Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*. 1989.

SOUSA, G. M.; SANTOS, F. V.; FERNANDES, M. C. Mapeamento da cobertura da terra da APA Petrópolis/RJ utilizando análise baseada em objeto no sistema InterIMAGE. In.: *Revista Brasileira de Cartografia – RBC*, nº 64/4, p. 517-530, 2012.

SOUZA, I.M. ALVES, C.D. ALMEIDA, C.M. PINHO.C.M. D Uso de imagens de alta resolução espacial e análise orientada a objeto para caracterização socioeconômica do espaço residencial construído. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, abril 2009.

SOUZA, I.M. PEREIRA, M.N. GARCIA, L.M.F. KURKDJIAN, M.D.N.O. Mapeamento do uso do solo urbano através da classificação por regiões baseada em medidas texturiais. Anais do XI SBSR, Belo Horizonte, 2003.

SOUZA, U.D.V. KUX, H.J.H Classificação da cobertura do solo urbano na área costeira de São Luís – MA, utilizando imagens do satélite Worldview-II e técnicas de mineração de dados. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

STREUTKER, D.R; A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing*, Volume 23, 2002 – Issue 13.

TADEU, H. F. B.; SILVA, J. T. M. Cenário Economico Brasileiro – Análises do Período 1996/2014. 2015.

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. 03, p. 467-477, 2013.

VIEGAS, V.S. SOUZA, E.M.F.R. Reflectância espectral de classes e alvos urbanos no Rio de Janeiro, utilizando imagem do sensor Hyperion. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, 2015.

WECKMULLER, R., & VICENS, R. S. Método híbrido de detecção de mudanças: uma associação entre classificação baseada em objetos e baseada em pixels.. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(5). 2016.

WEI, C; BLASCHKE, T; KAZAKOPOULOS, P; TAUBENBÖCK, H; TIEDE, D; Is Spatial Resolution Critical in Urbanization Velocity Analysis? *Investigations in the Pearl River Delta. Remote Sensing Journal*. 2017, 9, 80; doi:10.3390/rs9010080

WEI, C; PADGHAM, M; BARONA, P.C; BLASCHKE, T; Scale-Free Relationships between social and Landscape Factors in Urban Systems *Sustainability Journal* 2017, 9, 84; Doi:10.3390/su9010084

WENG, Q. A remote sensing–GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *Remote Sensing*, 2001, vol. 22, no. 10, 1999–2014

WENG, Q; Modeling Urban Growth Effects on Surface Runoff with the Integration of Remote Sensing and GIS. *Environmental Management* Vol. 28, No. 6, pp. 737–748, 2001.

XIAN, G; CRANE, M; Assessments of urban growth in the Tampa Bay watershed using remote sensing data. *Remote Sensing of Environment* 97 (2005) 203 – 215

YANG, L; XIAN, G; KLAVER, J, M; DEAL, B; Urban Land-Cover Change Detection through Sub-Pixel Imperviousness Mapping Using Remotely Sensed Data *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* Vol. 69, No. 9, September 2003, pp. 1003–1010.

YANG, XIAOJUN; LO, C.P. Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from

Multi-Date Satellite Images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. v. 66, n°. 8, p. 967-980. 2000

YUAN, D; ELVIDGE, C.D; Comparison of relative radiometric normalization techniques. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. v. 51. p. 117-126. 1996.

YUHARA, C.H; LUCHIARI, A; SILVA, D.A; Identificação das Unidades Residenciais Intra-Urbanas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cocaia - Área de Proteção aos Mananciais da represa Billings, SP – utilizando Dados Orbitais de Alta Resolução Espacial. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE

Anexo I – Tabela de Referência do Estudo da Arte

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
Lovisi et. al, (2015)	Caracterizar a ocupação urbana dos bairros de Niterói/RJ	Landsat 8	Índice NDBI - <i>Normalized Difference Built-up Index</i>	Ambiente SIG não descrito	Intensidade de ocupação urbana: Intensa e vertical, intensa, moderada e rarefeita, outros
Dal'Asta et. al, (2015)	Caracterizar áreas intraurbanas de cidades Amazônicas	Landsat TM-5 e Spot-5	Classificação espectral e textura, índices Kappa	Spring v.4.3.3 e e-Cognition	Materiais brilhantes, claros, escuros; Ocupação: densa, média baixa, expansão urbana, áreas
Paz et. al, (2015)	Mapear a cobertura da terra e a qualidade ambiental do bairro Boa Vista (Curitiba/PR)	Google Earth	Classificação Automática – Quantum GIS	Quantum GIS 2.4	Espaços edificadas, espaços nãoedificados
Souza et. al, (2013)	Mapear e analisar de forma multitemporal a cobertura do uso no município de São Thomé das Letras	Landsat 5	Classificação Supervisionada utilização da técnica denominada de Máxima Verossimilhança (MAXVER).	Spring 5.2.6, ArcGis 10.2, software Land Change Modeler - LCM	Urbano e não urbano
Carvalho et. al, (2013)	Desenvolver e avaliar metodologia de mapeamento do uso do solo urbano por quadras	Worldview-II	Mineração de dados, e segmentação e GEOBIA	DEFINIENS 7.0 e Weka 3.6	Uso residencial (baixo, médio e alto), uso industrial, armazéns, comercial, favelas, clube esportivo e
Carneiro, et. al, (2009)	Realizar uma análise geoambiental da área urbana de Belo Horizonte	Aster, Ikonos	Modelo Múltiplo de Mistura e biblioteca espectral	ENVI 4.2	Asfalto, área central, periferia, cobertura(amianto) , solo exposto
Souza et. al (2009)	Caracterizam espaço residencial construído por população de baixa, média e alta renda	Quickbird	GEOBIA	e-Cognition, SPRING 4.1	Quadras: residencial, não residencial e arruamentos.
Rossine et. al, (2007)	Identificação e análise da cobertura do solo urbano, e a proporção de áreas em	Ikonos-2	Classificação Orientada a Regiões	SPRING 4.2 e ENVI 4.1	Cobertura cerâmica, amianto/concreto , alumínio, asfalto
Gonçalves et al 2005	Realizar o mapeamento urbano de São José dos Campos usando CBERS-2	CBERS-2	Classificação Supervisionada Maxver	SPRING	Residencial, unifamiliar d1, unifamiliar d2, multifamiliar, residencial em consolidação, industrial, comercial, institucional,

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
					urbano.
Fidalgo et al 2005	Mapear o uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio São Domingos, RJ	ASTER	Classificação Supervisionada Maxver	SPRING	Pastagem, ocupação urbana, vegetação natural, solo exposto, afloramento rochoso
Miranda et al 2005	Representar a totalidade das áreas urbanizadas do País.	LANDSAT ETM	Tratamento de imagens digitais, integrados com dados geocodificados, e procedimentos estatísticos.	Software Erdas Imagine Profissional 8.4	Água, nuvem ou sombra, população urbana (inferior a 5.000 habitantes, entre 5.000 a 100.000, entre 100.000 a 400.000, superior a 400.00)
Nakamura et al 2005	Demonstrar a potencialidade de uso das imagens do sensor CCD/CBERS-2, no mapeamento de expansão de áreas urbanas.	CCD/CBERS2 e TM/Landsat5	Não-supervisionada: algoritmo ISOSEG	SPRING	Urbano, Não-urbano, Hidrografia
Thomas et al 2001	Utilizar técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na Classificação de Áreas Urbanas em Joaçaba-SC.	Mapa Altimétrico do Perímetro Urbano de Joaçaba e Carta do Brasil	Metodologia de determinação de áreas de risco, adaptado.	Idrisi for Windows versão 2.0	Favorável a ocupação, propício, pouco favorável, impróprio
Silva et al 2013	Aplicação da lógica Fuzzy para identificação das condições de moradias urbanas de Ponta Grossa – PR	LANDSAT 5	Aplicação de Lógica Fuzzy	Equação Variáveis com dados censitários	Índice fuzzy para domicílios sem energia elétrica, sem esgoto, sem coleta de lixo
Santos et al 2013	Realização de um mapeamento de áreas urbanas no eixo de desenvolvimento Brasília-Anápolis-Goiânia	LANDSAT 5 e DMSP	Análise por Componentes Principais (ACP)	Não especificado	Área urbanizada
Lopes et al 2015	Analisar o potencial das imagens do RADARSAT para o monitoramento ambiental de obras de mobilidade urbana da Via Expressa Transolímpica,	RADARSAT-2 e GEOEYE	Identificação visual	Arcgis 9.1	Desmatamentos, Área de Influência, Limites Municipal e Estadual
Ribeiro et al 2015	Calcular um Índice de Qualidade Ambiental Urbana	Worldview 2	Processo Hierárquico de análise (AHP)	Spring 5.2.7	Índice de qualidade ambiental urbana e NDVI

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
Machado et al 2011	Efetuar uma análise espaço-temporal da expansão urbana, entre 1994 e 2007, através da discretização e quantificação dos dados gerados com base em imagens orbitais	LANDSAT TM	Interpretação Visual	Arcgis 9.3 e Google Earth	Expansão, intensificação, inalterado, não urbano
Belisário et al 2015	Analisar a Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo e suas Implicações com o Zoneamento do Solo Urbano na Bacia do Ribeirão Cambuí, São José dos Campos -SP.	Quickbird, Astrum	Classificação GEOBIA	Spring	Área Urbana Consolidada (Taxa Alta Taxa Média, Área Urbana Não Consolidada (Taxa Média Taxa Baixa) Área Urbana em Implantação, Outras (Reflorestamento, etc)
Landau et al 2011	Analisar a expansão Urbana da Cidade de Sete Lagoas/MG entre 1949 e 2010.	LANDSAT 4,5,7 e Fotos aéreas	Interpretação Visual	GVSig, MapWindow e ArcGis	Área urbanizada até (1949, 1965, 1972, 1989, 2000 e 2010)
Deus et al 2011	Detecção de edificações em áreas urbanas por meio de classificação de pontos LiDAR	LiDAR	Detecção de árvores	TerraScan	Edificações, não edificações
Anazawa et al 2011	Analisar os padrões de ocupação urbana em São Sebastião (SP)	CBERS 2B e LANDSAT 7	Classificação GEOBIA	Spring 5.1	Área Urbana, Vegetação, Solo exposto
Junior et al 2011	Analisar a ocupação urbana do município de Goiânia – GO	LANDSAT 5	Classificação GEOBIA	Não especificado	Avanço: 1985, 2010
Araújo et al 2013	Analisar a expansão urbana de Jacobina, Bahia, no período de 1969 a 2008	Google Earth	Classificação GEOBIA	Spring 5.2	Declividade da área urbana / Área urbana 1969, 2008
Grabski et al 2015	Estudar a dinâmica da urbanização e seus impactos sobre ambientes costeiros. Caso do município de Santa Vitória do Palmar, RS.	QuickBird	Densidade de Pontos	ArcGis 10.2	Densidade de Ocupação

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
Novack et al 2011	Analisar se bandas adicionais do sensor WorldView-II são de fato úteis para a discriminação de diferentes classes urbanas, com base em diferentes algoritmos de seleção de atributos	WorldView-II	Classificação GEOBIA e algoritmos de seleção de atributos	Definiens Developer System	Não se aplica – Dados tabulares referentes a seleção de atributos
Belém et al 2015	Analisar as transformações espaciais no COMPERJ utilizando dados de sensoriamento remoto	LANDSAT 5 e LANDSAT 7	Análise de Temperatura de Superfície Continental, NDVI e índice de área construída	Mathlab	Temperatura de Superfície Continental Média
Gomes et al 2013	Avaliar a expansão urbana de Guarapuava-PR entre 1995 e 2011	LANDSAT 7, CBERS 2, Rapideye, auxílio de cartas topográficas	Classificação Visual e GEOBIA	Spring 5.2	Área urbana (km ²) entre 1995 e 2011
Viegas et al 2015	Caracterizar os padrões de resposta espectral de áreas urbanas em níveis de intensidade bem como, identificar materiais presentes nessas áreas urbanas, a partir de imagem hiperespectral	Hyperion	Classificação GEOBIA	eCognition Developer	Área Militar, Urbano Médio, Urbano Denso. Caracterização de cobertura (aglomerados subnormais, telhado de cerâmica, concreto e asfalto)
Andrade et al 2013	Analisar a separabilidade dos principais materiais presentes de uma área urbana de São José dos Campos (SP) com base em suas características espectrais de reflectância e emissividade.	HSS	FLAASH e Análise por Componentes Principais (ACP)	ENVI / PCModWin/MODTRAN	Solo Claro, Concreto Fibrocimento, Cerâmica Vermelha, Veg. Rasteira, Asfalto Veg. Arbórea, Aço Galvan.
Salim et al 2013	Utilização de geotecnologias para inferências populacionais no espaço urbano do município de Guarulhos-SP	IKONOS	Classificação GEOBIA	ENVI EX, ArcGIS 9.3, SPSS 10.7 e Dados Censitários	Asfalto, sombra, Telhado cerâmica, Telhado (claro e escuro), vegetação
Leite et al 2013	Compreender o crescimento das favelas da cidade de Montes Claros	IKONOS, Quickbird	Classificação Visual	arcGis 9.3	Edificações (até 2000, entre 2000 e 2010)

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
Chao et al 1998	Analisar a Dinâmica urbana a partir de dados multitemporais e multisensores, o caso de Havana, Cuba	Fotografias áreas, imagens Landsat 5 e XS Spot	Fotointerpretação	IDRISI e ER-Mapper	Muito urbanizado, Urbanizado, Pouco Urbanizado, Rural, Vegetação Densa, Solo Exposto, Corpos de Água, Outros elementos da Paisagem
Alves et al 2009	Analisar os processos de expansão urbana e as situações de vulnerabilidade socioambiental	HRC-CBERS 2B	Classificação GEOBIA	Definiens 5.0	Residencial Conjunto habitacional, Favela, industrial/comercial/institucional, outros
Beppler et al 2009	Estudar a potencialidade do uso de imagem QuickBird para atualização do cadastro urbano	QuickBird	Fotointerpretação	ArcGis 9.1	Não se aplica
Borsoi et al 2009	Análise multitemporal da expansão da urbana em área de proteção permanente no município de Caçapava – SP	Landsat 5, e mapas vetoriais	Fotointerpretação	Spring 4.3.2	Área consolidada, área não consolidada, área industrial, vegetação, solo exposto
Carneiro et al 2009	Construção de um mapa de conforto urbano de Belo Horizonte com uso de imagens ASTER e modelo múltiplo de mistura	ASTER	Modelo de Mistura	ENVI 4.2	Conforto ambiental (alto, médio e alto, médio, médio e baixo, baixo)
Costa et al 2009	Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias	Landsat 5	Aplicação de fórmulas e coeficientes	SPRING 4.3	Diferenças de Temperatura de Superfície
Carvalho et al*** 2015	Avaliar técnicas de detecção de mudanças na Área de Planejamento 4 (AP4) do município do Rio de Janeiro	Landsat 5 e Landsat 8	Classificação GEOBIA, Mineração de Dados, Avaliação de Técnicas	ENVI, eCognition developer, Regeemy	Expansão, Não Mudança, Outros
Kux et al 2009	Mapeamento de favelas usando classificação orientada a objeto	Quickbird II	Classificação GEOBIA	Definiens Developer System	Ocupação Formal, ocupação informal
Pinho et al 2009	Analisar métodos de extração de telhados em imagens multiespectrais com alta resolução espacial	Landsat 7, SPOT 5, IKONOS e QuickBird	Medições Radiométricas com Espectroradiômetro	ENVI 4.3	Amianto, Aço Galvanizado, Telha de Cimento (Pintada e não), Telha de Cerâmica (clara, padrão e velha)

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
Silveira et al 2014 **	Investigar as possibilidades de uso de imagens noturnas combinadas a índices de vegetação na detecção e monitoramento de áreas urbanas	LANDSAT5 e DMSP-OLS	Cálculo de índice NDVI combinado com classificação GEOBIA	Não especificado	Identificação de áreas urbanas
Polidoro et al 2009	Analisar a evolução da mancha urbana em Londrina-PR através das técnicas de sensoriamento remoto	LANDSAT 5	Análise Visual	Erdas imagine 9.1	Não se aplica
Filho et al 2009	Caracterização de objetos do cenário urbano através de índices de realce extraídos de dados do sensor HRSC-AX	HRSC-AX	Análise por componentes principais (ACP)	Aplicação de equações	Áreas (Verdes, sombreadas, solo exposto) e Objetos antropomórficos
Junior et al 2016	Contribuição da Classificação Orientada a Objeto em Áreas Urbanas	IKONOS	Classificação GEOBIA	Erdas, eCognition Developer	Ruas, Não Urbano, Urbano, Edificado, Não Edificado
Grise et al 2013	O uso de imagens de satélite de alta resolução espacial - GeoEye na identificação da arborização urbana	GeoEye	Classificação por árvore de decisão, ACP e cálculo de índices	Matlab, arcGis	Áreas urbanas cobertas por vegetação
Feitosa et al 2011	Avaliação das imagens do sensor HRC/CBERS para mapeamento urbano	CBERS	Classificação por região e pixel a pixel	SPRING 5.0, ArcGIS 9.3, ENVI 4.5	Tipos de residência
Pancher et al 2014 *	Mapa de uso e ocupação do solo urbano: análise comparativa entre os métodos de classificação manual e digital	Imagens aerofotogramétricas	Classificação Maxver	ENVI, SPRING	Solo Exposto, Telhado de Cerâmica, Solo Exposto, Telhado Metálico/Alvos claros, Piscina, Gramínea, Asfalto, Cimento e Telhado Cinza
Boulomytis et al 2011	Análise orientada a objeto para a verificação da expansão urbana de Bueno Brandão, MG	Landsat 5	Classificação GEOBIA	Definiens 7.0, Spring	Urbana, Vegetação, Solo exposto, outras
Araújo et al 2011	Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da Cidade de Campina Grande –	Landsat 5	Delimitação de Polígonos	Spring	Número de domicílios do tipo apartamento em 2000.

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
	PB				
Neto et al 2011	Mapeamento espaço-temporal da expansão urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória no período de 1991 a 2009,	Landsat 5 e 7	Classificação automática e interpretação visual	Não especificado	Expansão (1993 até 2009)
Brigatti et al 2011	Identificação de áreas edificadas e núcleos urbanos na região Amazônica utilizando	Landsat 5	Bhattacharya	Spring 5.1.5, ArcGis 9.3	Novas áreas, Área Urbanizada, Povoado Isolado, Núcleo isolado, Zona rural e Área especial
Barbosa et al 2011	Análise multitemporal da ocupação urbana ao longo do Ribeirão Santo Antônio, Região de Aparecida de Goiânia-GO	Google Earth, CBERS 2B fusionada com o Sensor HRC/CCD	Identificação Visual	Autocad Map 2009	Caracterização Antrópica
Matsuoka et al 2007	Investigação do processo de segmentação multiresolução utilizando o critério aplicado às imagens de áreas urbanas de alta resolução espacial	IKONOS	Identificação de segmentações	eCognition developer	Não se aplica
Oliveira et al 2005	Análise espaço-temporal da expansão da mancha urbana em Natal/RN (1969-2002)	SPOT XS	Restituição cartográfica	MapInfo 6.0	Mancha urbana 1969, 1988, 1994, 2002, Mancha não Urbanizada
Yuhara et al 2007	Identificação das Unidades Residenciais Intra-Urbanas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cocaia	IKONOS II	Identificação Visual	ArcGis 8.3	Unidade Residencial Intra-Urbana (1,2,3), área industrial, serviços, outros
Alves et al 2009	Desenvolvimento de uma metodologia para a classificação automática de áreas urbanas contínuas e dispersas	LANDSAT 5	Classificação GEOBIA	Spring, Definiens 5.0	Urbanizada, Não urbanizada
Miranda et al 2005	Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos	LANDSAT 7, SPOT	Áreas medidas a partir de imagens do satélite Landsat ETM	Software estatístico	Não se aplica

Autor (es)	Objetivo	Imagem	Método	Software(s)	Legenda Comum
	estatísticos				
Iwai 2003	Mapeamento do uso do solo urbano do Município de São Bernardo do Campo	LANDSAT 5 E LANDSAT 7	Classificação Maxver	IDRISI 32	Indústria, Urbano (alta, média, baixo, irregular, vertical) vegetação e água
Anjos et al 2015	Identificação de materiais urbanos por meio de métodos inovadores de classificação de imagens	Worldview II	Classificação por Árvore de Decisão, Floresta Randômica e Máquina de Vetores de Suporte	ENVI 4.7, ERDAS Imagine 2013, eCognition Developer	Asfalto, Concreto, Piscina, Pedra Mineira, Saibro, Quadras Esportivas, Pistade Atletismo, Cobertura Metálica Fibrocimento, Telha Francesa, Vegetação, Lago Artificial, Solo Exposto, Ciclovia e Sombra

Anexo II – Código implementado na plataforma Google Earth Engine

```

var pt_RJ = ee.Geometry.Point([-43.38,-22.76])

var RJ = ee.Image(18)
.filterBounds(pt_RJ)
.filterDate ('2015-01-01','2015-12-31')
.sort('CLOUD_COVER', true)
.first());

var falseColor = {
bands: ['B6', 'B5', 'B2'],
min: 0,
max: 5000
}

//Map.addLayer(RJ)
Map.addLayer(RJ, falseColor);

print (RJ)

var ndbi = RJ.normalizedDifference(['B5', 'B4']).rename('NDBI');
var ndvi = RJ.normalizedDifference(['B4', 'B3']).rename('NDVI');

var rjNdbi = RJ.addBands(ndbi);
var rjIDX = rjNdbi.addBands(ndvi);

```

```
print(rjNdbi)

var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6','B7', 'NDBI', 'NDVI'];
var newfc = urbano.merge(verde).merge(agua).merge(pasto);

function classificacao(image) {
  var training = image.select(bands).sampleRegions({
    collection: newfc,
    properties: ['landcover'],
    scale: 30
  });

  var classifier = ee.Classifier.cart().train({
    features: training,
    classProperty: 'landcover',
    inputProperties: bands
  });
  print(classifier.explain());

  var classified = image.select(bands).classify(classifier);
  return classified;
}

var res_class = classificacao(rjIDX)
Map.addLayer(res_class, {min: 0, max: 4, palette: ['red', 'green', 'black','blue']});
```