

DETECÇÃO DE MUDANÇAS DA COBERTURA DO SOLO - PROJETO PORTO MARAVILHA - RJ

João Pedro das Neves Cardoso Pedreira¹

Adinan Marzulo Maia Martins¹

Felipe Gonçalves Amaral²

Carla Bernadete Madureira Cruz²

1 - Universidade Federal do Rio de Janeiro – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
(neves.jope@gmail.com; adinanmaia@gmail.com)

2 - Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia
(f.g.amaral19@gmail.com; carlamad@gmail.com)

ABSTRACT

The Port Zone of Rio de Janeiro has undergone significant changes in its urban dynamics, with emphasis on the Pereira Passos Urban Reform and the Urban Revitalization present in the Porto Maravilha Project, motivated by the 2016 Olympic Games, as planned by the Complementary Law No. 101, 2009. The present work seeks the change detection in land cover with images of very high spatial resolution from the *World View* sensors, for the years 2011 and 2016, in the region of Porto Maravilha - RJ. The change detection using GEOBIA classification (Geographic Object-Based Image Analysis) approach, through decision-tree classifier to modeling the classes chosen in legend: built areas, soil exposure, green areas and water bodies. The mapping combination also allows quantitative analysis of changes in land cover related to leisure offers and residential dynamics, mainly by the observation of expansion in 6.75% of the built area and 45.53% in the green areas, changes occurred at the time interval recorded by the images.

Keywords: Porto Maravilha, Urban Revitalization, Remote Sensing, Change Detection, Land Cover.

INTRODUÇÃO

Criado em um momento de renovação do espaço urbano da cidade durante o início do século XX, o Porto do Rio de Janeiro, localizado na área central da então capital do governo federal, foi de suma importância para uma nova adequação econômica da área, contribuindo intensamente para um “sistema cidade-porto” (MONIÉ & SILVA, 2015) ao modificar as relações e padrões de modificações urbanas, políticas e econômicas (PARADEDADA, 2015).

No entanto, a Zona Portuária passou por um processo de esvaziamento devido a agentes morfológicos e de políticas residenciais, conforme apontam Monié & Silva (2015) e Paradedada (2015), acarretando em subutilização ou abandono de armazéns e outras edificações, com marginalização da área e eventual degradação física. Em virtude disso, os autores apontam que a reestruturação e modificação das dinâmicas socioeconômicas de zonas portuárias, seguindo exemplo de importantes portos ao redor do globo, como em

Barcelona, Buenos Aires, Cape Town, Sidnei e Hong Kong, despertou o interesse empresarial em revitalizar a Zona Portuária do Rio de Janeiro, incentivado por parcerias público-privado e a diversidade dos megaeventos a serem sediados na cidade, com destaque aos Jogos Olímpicos Rio 2016, para alavancar investimentos (FERREIRA, 2010; MONIÉ & SILVA, 2015; PARADEDA, 2015).

Para atender as necessidades urbanas de revitalização da área portuária, vários planejamentos foram propostos e não implementados. Como exemplo o plano “Porto do Rio”, desenvolvido entre 2001 e 2006 (PARADEDA, 2015), muito parecido ao projeto “Operação Urbana Consorciada do Porto do Rio de Janeiro – Porto Maravilha”, documentado através da Lei Complementar nº 101, de 2009, e criado para atender às expectativas geradas pelos megaeventos, através da integração entre as três esferas de poder (municipal, estadual e federal).

A revitalização da Área de Especial Interesse Urbanístico (AEIU) da Região Portuária do Rio de Janeiro contou com diversas obras, com alterações no sistema de transporte viário, construção de novas ofertas de lazer e modificação na dinâmica residencial. A AEIU (Figura 1), que abrange os bairros do Santo Cristo, Gamboa e Saúde, além de trechos do Centro, Caju, Cidade Nova e São Cristóvão, é uma importante área da cidade, se estendendo por 4,5 km², comportando até 400 mil moradores e concentrando cerca de 35% dos empregos da cidade, junto aos outros bairros da Área de Planejamento 1 (CDURP, 2018).

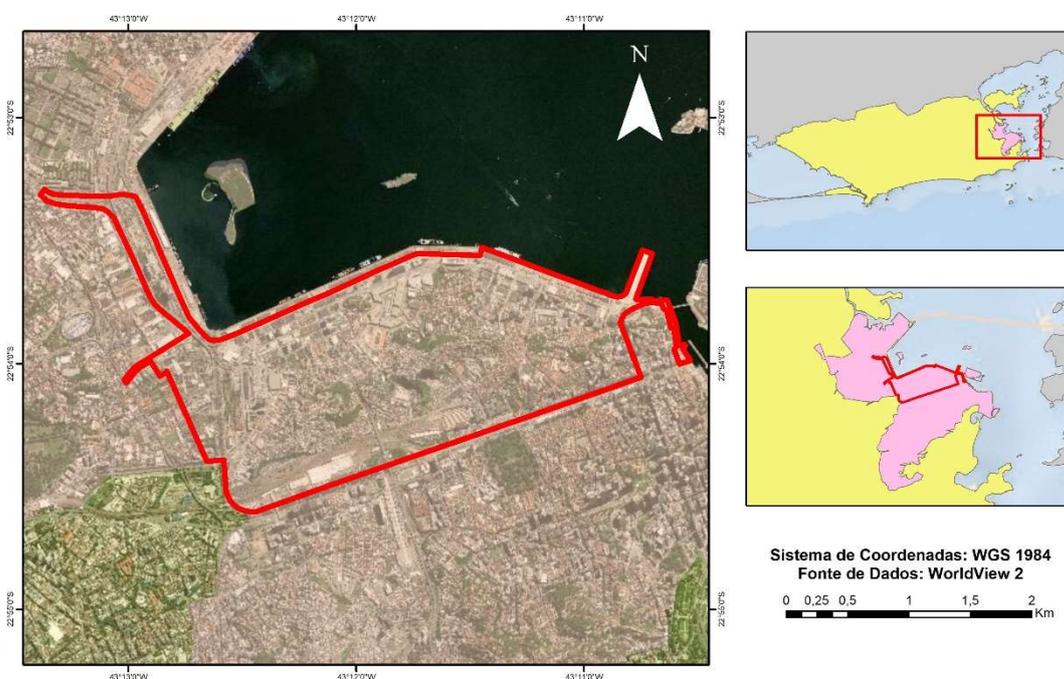


Figura 1. Área de interesse urbanístico do projeto Porto Maravilha (Fonte: Autores).

Alguns exemplos do primeiro caso são a demolição do elevador da Perimetral, criação de dois túneis e duas vias e a inauguração de um novo modal de transporte urbano: o VLT

(Veículo Leve sobre Trilhos). O lazer foi proporcionado através da construção do Museu do Amanhã e do Museu de Arte do Rio, localizados ao entorno do Boulevard Olímpico, com objetivo a concentração de público em um espaço aberto, com oferta contínua de espetáculos musicais e exibição de eventos esportivos. O último caso, que envolveu a maior polêmica do projeto olímpico, contou com a remoção de moradores ao longo da área de interesse urbanístico, apesar de projeto habitacional proposto.

Todas essas mudanças provocaram grande alteração nas configurações de uso e cobertura do solo na zona portuária que podem ser detectadas através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélites orbitais, aliadas a processamentos digitais de imagens e classificação de uso e cobertura do solo (JENSEN, J. R. 2011; NOVO, E. M. 2008), como pode ser visto em Oliveira, et.al, 2019, que focou na detecção somente das mudanças de áreas verdes da zona portuária do Rio de Janeiro.

O objetivo do trabalho aqui proposto é a utilização de imagens de altíssima resolução, oriundas do sistema sensor *WorldView*, capturadas em datas próximas ao início (2011) e ao final (2016) das obras realizadas, que auxiliem a representação e mensuração das diversas mudanças ocorridas na AEIU a partir do processamento digital dessas imagens.

METODOLOGIA

A realização do estudo contou com duas imagens de satélites *WorldView*, da *Digital Globe*. Mesmo se tratando de sensores multiespectrais, foram aplicadas apenas as bandas espectrais referentes aos comprimentos de onda do verde, do vermelho e do infravermelho próximo, devido às limitações de aquisição dos dados frente a disponibilidade da fornecedora. Outras informações de coleta da imagem podem ser visualizadas na Tabela 1.

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS

Sensor	Data de aquisição	ID da cena	Azimute	Sensor
WorldView 2	27 de julho de 2011	103001000C561A00	115.8°	MS/WorldView 2
WorldView 3	05 de julho de 2016	104001001F2EDC00	35.2°	MS/WorldView 3

Fonte: Digital Globe

Vale destacar que as imagens já foram adquiridas pré-processadas, não sendo necessário realizar as etapas de correção geométrica e atmosférica. No entanto, ao avaliar a correspondência espacial entre dez alvos escolhidos em solo nas imagens, foram encontradas variações entre 2 a 8 metros, problemas bem comuns quando se trabalha com imagens submétricas, como é o caso da grande variação de ângulos de captura da imagem, mas que ao fim inviabiliza a realização de uma classificação integrada, como aponta Singh, 1989 e também é apresentado em Amaral, et.al 2019.

Portanto, o método escolhido para realizar a detecção de mudanças consiste na álgebra de mapas temáticos, advindos da classificação das imagens nas duas datas em separado, possibilitando assim a visualização e a análise das mudanças através de um mapa único ao final (Singh, op. cit).

A classificação temática foi realizada no software *eCognition Developer*, sistema direcionado a processos de classificação apoiados em GEOBIA (Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos). Este método possibilita a classificação de objetos geográficos, previamente delimitados pelo procedimento de segmentação e através de um processo de modelagem apoiada em descritores de diferentes naturezas, como espectrais, topológicos e geométricos (Cruz, et al., 2009). A classificação de imagens de alta resolução pelo *eCognition*, conforme indica Hofmann, 2001, contribui para o estreitamento do uso do SIG com imagens adquiridas por sensoriamento remoto.

O algoritmo de segmentação adotado foi o *multiresolution segmentation*. Com a realização de testes para definição dos melhores parâmetros de segmentação, foi selecionado o parâmetro de escala 100, após um nível de segmentação mais detalhado gerado com o parâmetro de escala 50.

Observando a imagem *WorldView* segmentada, com a composição falsa cor ressaltando as áreas de vegetação, buscou-se interpretar visualmente o uso e a cobertura do solo encontrados na zona portuária, conforme se observa na Tabela 2. As características da superfície observadas foram: cor, forma, tamanho, textura e variação de altura.

TABELA 2: CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

Classe	Amostra (WorldView)	Cor	Forma, Tamanho, Textura, Variação de altura
Área Construída		Predominante com as cores original.	Forma irregular. Tamanho grande. Textura rugosa. Variação considerável de altura.
Solo Exposto		Tons claros de cinza e terrosos.	Forma irregular. Tamanho pequeno a médio. Textura lisa ou pouco rugosa. Sem variação de altura.
Área Verde		Tons de vermelho. Mais escuros em áreas rugosas.	Forma irregular. Tamanhos pequenos, médios e grandes. Textura rugosa. Com variação de altura.
Corpo Hídrico		Tons escuros de cinza.	Formas retangulares. Tamanhos grandes, na extensão da forma. Textura lisa. Sem variação de altura.

Fonte: Autores

O processo de classificação orientada objetos geográficos, tal como realizada, passa pela escolha de parâmetros descritores e os valores referentes à resposta modelada por uma banda espectral, algum índice espectral ou outro fator disponível (AMARAL, 2019; CRUZ, 2009; VINCENS, 2009). Após a avaliação de alguns índices espectrais criados para auxiliar na separação das classes, foi utilizado o EVI (Enhanced Vegetation Index), frequentemente utilizado no rigor da vegetação, pois está diretamente relacionado com variações ocorridas na cobertura verde (JUSTICE et al., 1988). O processo de criação do índice aplica as bandas NIR (Infravermelho Próximo) e RED (Vermelho), além de constantes que amenizam os efeitos atmosféricos, expresso na Equação 1.

$$EVI = 2.5 * \frac{NIR-RED}{NIR+RED+1} \quad (1)$$

Com a finalidade de avaliar a exatidão temática dos produtos gerados, seguiu-se a uma etapa de validação através de pontos aleatórios, com o cálculo da exatidão global. Utilizou-se o software *QGIS*, com o auxílio do plugin *AcATaMa*, gerando 30 pontos aleatórios para as classes de áreas construídas e áreas verdes, e 5 pontos para solo exposto e corpos hídricos, que foram classificadas manualmente (Figura 2).

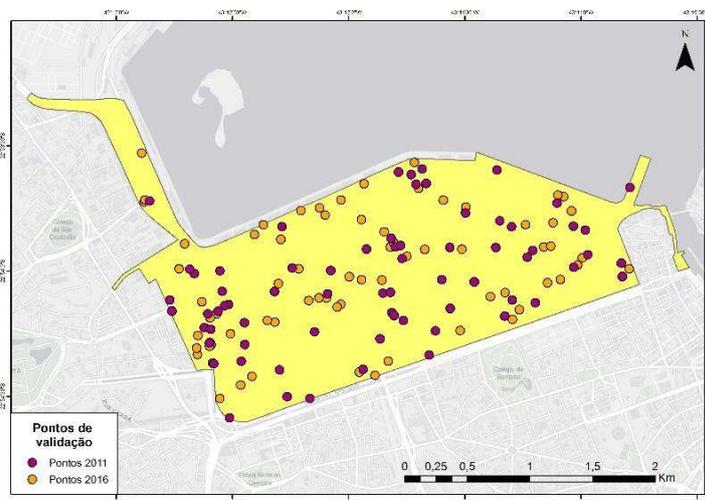


Figura 2. Distribuição dos pontos de validação (Fonte: Autores).

O plugin permite a comparação dos pontos de validação sobre a imagem utilizada e a classificação elaborada, gerando automaticamente as respectivas matrizes de confusão para cada data classificada, acompanhadas do cálculo de exatidão global.

Com os produtos cartográficos gerados e validados, foi aplicada a técnica “*Combine*”, definida por Amaral, 2019 como um método de álgebra de mapas, capaz de atribuir um valor a cada célula combinada em função dos valores da mesma entre os mapas de entrada. Isso possibilita que seja realizada uma análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo na área do Porto Maravilha, entre os anos aplicados nesse estudo.

RESULTADOS

Com os produtos da classificação realizadas no *eCognition*, oriundos através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto a partir das imagens dos anos de 2011 e 2016 foram gerados os respectivos mapas através do software *ArcMap* (Figura 3 e 4, respectivamente).

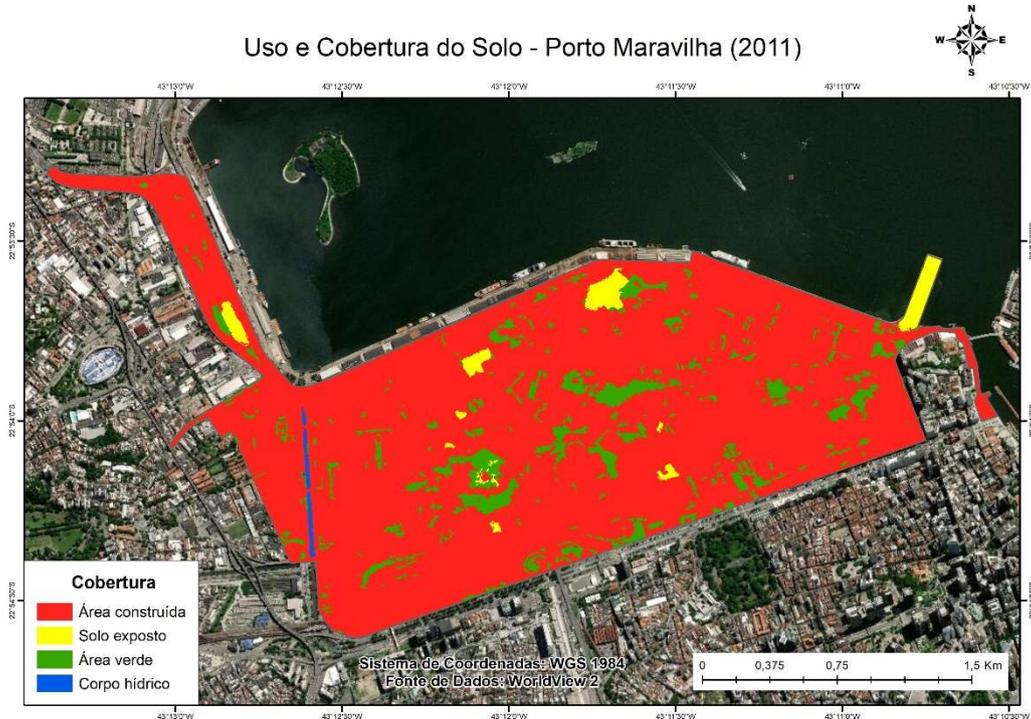


Figura 3. Classificação de uso e cobertura do solo para 2011 (Fonte: Autores).

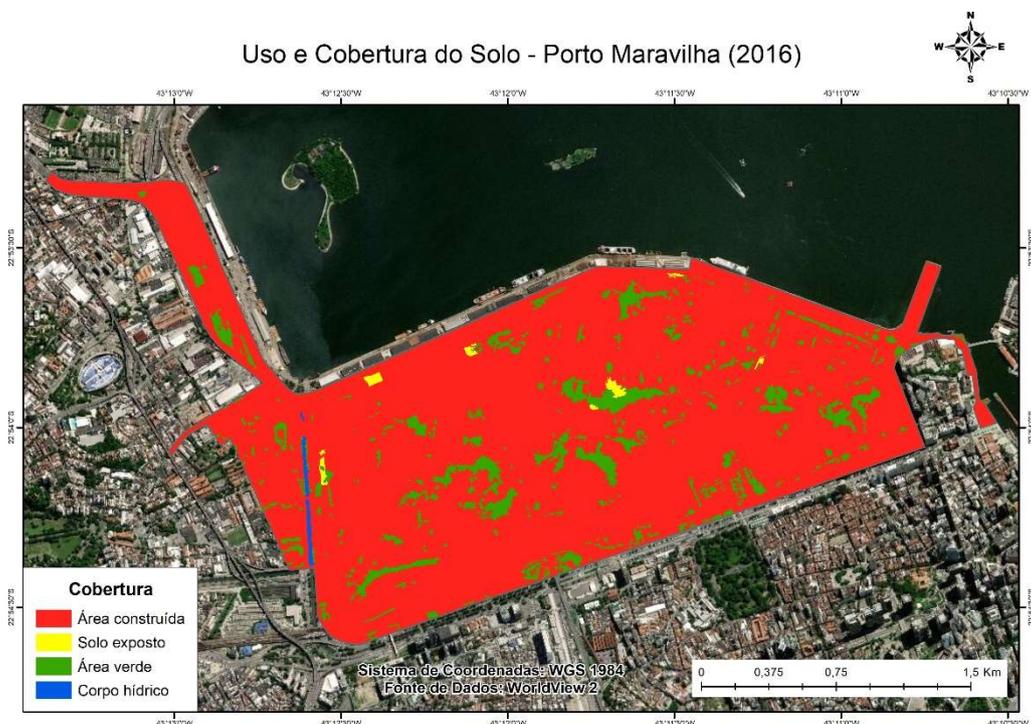


Figura 4. Classificação de uso e cobertura do solo para 2016 (Fonte: Autores).

A detecção de mudanças gerada pela diferença entre as datas é apresentada na Figura 5, qualificando-a em função das mudanças ocorridas na área de interesse.

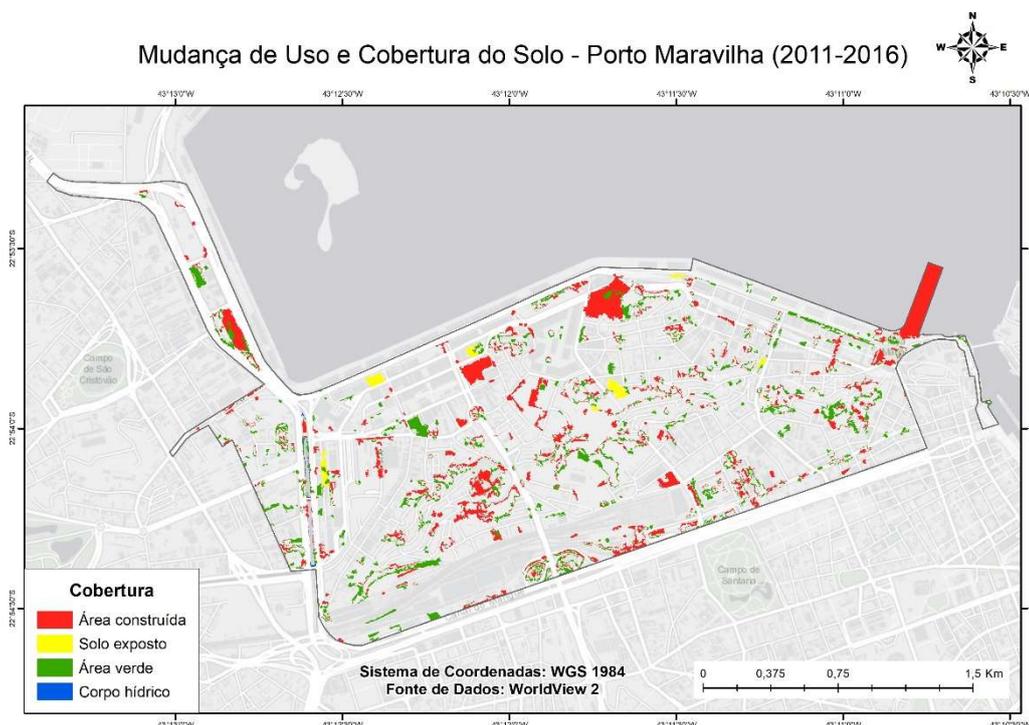


Figura 5. Detecção de mudança do uso e cobertura do solo (Fonte: Autores).

Com base no mapeamento de mudanças é observado que as áreas construídas e áreas verdes se destacam pela expansão, enquanto todas áreas de solo exposto em 2011 passaram por mudança, sendo assim, a ocupação apresentada em 2016 surgiu durante o intervalo entre as datas. A Tabela 3 apresenta, em valores percentuais relacionados aos 4,5 km² da Zona Portuária, a ocupação da cobertura nas datas analisadas, junto a expansão, redução e manutenção das classes, são relacionadas a área ocupada em 2011. Destaca-se também o valor da manutenção das áreas verdes, o patamar igualitário entre os anos representa que quase metade da área inicial foi reduzida e quase a mesma quantidade foi expandido na data mais recente.

TABELA 3: ANÁLISE QUANTITATIVA DA DETECÇÃO DE MUDANÇAS

Classe	2011	2016	Expansão	Redução	Manutenção
Á. Construída	88,63%	90,36%	6,75%	4,79%	95,20%
Solo Exposto	2,25%	0,41%	18,28%	100,00%	0,00%
Á. Verde	8,80%	8,94%	45,53%	43,89%	56,05%
Corpo Hídrico	0,32%	0,28%	9,76%	22,07%	77,79%

A validação final dos mapeamentos obteve os resultados de exatidão global de 0.89 para o mapa de 2011 e de 0.94 para o mapa de 2016.

CONCLUSÕES

A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto para essas imagens de altíssima resolução, realizando processo de classificação de uso e cobertura do solo para as datas de 2011 e 2016, resultou em mapeamentos que auxiliam o entendimento da morfologia urbana da Zona Portuária do Rio de Janeiro e suas mudanças devido ao Projeto Porto Maravilha. Os produtos cartográficos gerados apresentam índices de exatidão considerados muito satisfatórios.

A combinação dos mapas na elaboração do produto de detecção de mudança foi o método escolhido para realizar tal mapeamento, visto que não foi possível realizar a detecção integrada das imagens. Além disso, a diferença entre a angulação das imagens adquiridas e a presença de muitas sombras na segunda data prejudicaram a segmentação de algumas feições. Tal efeito afetou o processo de segmentação e de classificação para as áreas verdes, com a metodologia automatizada ter subestimado sua área ocupada e a edição manual ter a superestimado, o mesmo se observa nas diferenças de áreas dos corpos hídricos.

A disponibilização de poucas bandas espectrais inviabilizou uma maior automatização da classificação exigindo mais edições manuais. Em contrapartida, o uso de índices espectrais apresentou bons resultados nas duas imagens, embora apenas o EVI tenha sido utilizado por ter apresentado melhor separabilidade entre as classes. Com isso, índices como NDVI, IPVI e SAVI, foram descartados por serem redundantes ao EVI.

Foi possível constatar importantes modificações estruturais devido a revitalização da Zona Portuária, pelo advento de investimentos privados para a preparação da cidade do Rio de Janeiro a eventos esportivos de importância mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F.G.; CRUZ, C.B.M.; DA SILVA, C.B.; DE ALMEIDA, P.M.M. Processamento digital de imagens para estudos de dinâmicas da paisagem. Revista Tamoios, v.15, n.2, p.132-155. Rio de Janeiro, RJ, 2019.

CARVALHO, M.V.; SILVA, G.; CRUZ, C.B.M.; ALMEIDA, P.M.M. Avaliação do mapeamento de manguezais na Região Metropolitana do Rio de Janeiro através da integração entre GEOBIA e Mineração de Dados. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, p. 3580-3587. João Pessoa, PB. 2015.

Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CDURP). Porto Maravilha, 2018. [Acesso em abril/2020]. Disponível em: <http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/apresentacoes/porto_maravilha_2018.pdf>

CRUZ, C.B.M.; ROSÁRIO, L.S.; ABREU, M.B.; ALMEIDA, P.M.M.; VICENS, R.S.; CRONEMBERGER, F.M. Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, p.7789-7796. Natal, RN. 2009.

FERREIRA, A. O projeto “Porto Maravilha” no Rio de Janeiro: inspiração em Barcelona e produção a serviço do capital? Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales, vol. XV, no. 895. Espanha, 2010.

HOFMANN, P. Detecting buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. Journal for Spatial Information and Decision Making. n. 6/01. p. 26 – 33. 2001.

JENSEN, J.R. 2011. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Parêntese (Ed.).

JUSTICE, C.O. et al. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v.36, n.4, p.1228-1249. United States of America, 1998.

MONIÉ, F.; SILVA, V.S. O projeto Porto Maravilha de revitalização da área portuária do Rio de Janeiro entre inovações e retrocessos na produção do espaço urbano. Revista Transporte y Territorio, v.12, p.110–126. Argentina, 2015.

NOVO, E. M. 2008. Sensoriamento remoto. Princípios e Aplicações. Ed. Edgard Blücher, São Paulo.

OLIVEIRA, A.C.A.C.; AMARAL, F.G.; SILVA, M.S. Mudanças na cobertura verde no entorno do Porto Maravilha - Rio de Janeiro entre 2010 e 2017. Anais da XIII ENANPEGE. 2019. São Paulo, 2019

PAES, Eduardo. Lei Municipal n.º 101, de 23 de novembro de 2009. 2009. [Acesso em agosto/2020]. Disponível em: <<http://memoriadasolimpiadas.rb.gov.br/jspui/handle/123456789/590>>

SINGH, Ashbindu. Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. International journal of remote sensing, v.10, n.6, p.989-1003, 1989.

VICENS, R.S.; CRONENBERG, F.; CRUZ, C.B.M. Análise multi-resolução e modelagem do conhecimento na diferenciação de fisionomias de florestas em remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 4519-4526. Natal, RN. 2009.