

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA EXPERIMENTAL AGRÍCOLA NA BACIA DO RIO PIABANHA – REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO**

*João Pedro Costa da Silva<sup>1</sup>; Carlos Eduardo da Silva Sacramento<sup>2</sup> & Jefferson Santana Melo<sup>3</sup> & Décio Rodrigues Goulart<sup>4</sup> & Janaina Gomes Pires da Silva<sup>5</sup> & Michele Bruna de Souza do Nascimento<sup>6</sup> & Marcelo Henriques Parente<sup>7</sup> & Mariana Dias Villas Boas<sup>8</sup>*

**Palavras-Chave** – Uso e ocupação do solo, processamento digital de imagem, bacia experimental.

#### **1 - INTRODUÇÃO**

O processo antrópico de uso e ocupação do solo ocasiona diversas modificações nas dinâmicas naturais do meio ambiente. Graves consequências podem vir à tona dependendo do uso da terra, como diminuição da infiltração, erosão, redução da qualidade da água, alteração da paisagem entre outras. A compreensão do uso e ocupação da terra de uma bacia hidrográfica é fundamental para a caracterização da sua disponibilidade hídrica a partir dos fatores relacionados aos usos que impactam diretamente no balanço hídrico da região.

Criado em 2007, o projeto Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas (EIBEX) é uma rede de monitoramento hidrometeorológico e sistemático da qualidade de água em estações fluviométricas em selecionadas bacias experimentais, assim tendo como finalidade a “avaliação do comportamento hidrológico em região com bioma natural Mata Atlântica, e em áreas de ocupação agrícola e urbanizada” (VILLAS BOAS *et al.*, 2017). A partir destes estudos é possível avaliar o impacto dos principais usos de solo no seu comportamento hidrológico, desenvolvendo pesquisas e análises hidrológicas.

---

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - joao.pedro@cprm.gov.br

<sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - carlos.sacramento@cprm.gov.br

<sup>3</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - jefferson.melo@cprm.gov.br

<sup>4</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - decio.goulart@cprm.gov.br

<sup>5</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - janaina.silva@cprm.gov.br

<sup>6</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - michele.nascimento@cprm.gov.br

<sup>7</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - marcelo.parente@cprm.gov.br

<sup>8</sup> Serviço Geológico do Brasil/CPRM - mariana.villasboas@cprm.gov.br

Uma bacia representativa, com cerca de 400km<sup>2</sup>, abarcando em quase sua totalidade o município de Petrópolis, RJ, é a área de estudo do projeto, escolhido em uma área que reunisse as características de uso de solo e vegetação da bacia do rio Piabanha, importante afluente do rio Paraíba do Sul. Dentro dela foram definidas três bacias experimentais nas quais predominam distintos usos do solo: em área de Mata Atlântica preservada, em área predominantemente de uso agrícola e área de grande ocupação urbana, respectivamente, com as seguintes áreas: 13 km<sup>2</sup>, 30 km<sup>2</sup> e 47 km<sup>2</sup>, representadas na Figura 1 (VILLAS-BOAS *et al*, 2017).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de classificação de uso e ocupação do solo a fim de encontrar pixels que caracterizem áreas, principalmente as de cultivo, sendo a base de fornecimento de futuros insumos para caracterização da disponibilidade hídrica da bacia agrícola experimental do projeto EIBEX. Os recursos hídricos de áreas agrícolas estão sujeitos ao uso de fertilizantes e agrotóxicos que, em decorrência da lixiviação e escoamento superficial, podem atingir os corpos hídricos contaminando a água e reduzindo drasticamente sua qualidade. Cerca de 70% das reservas de água potável são usadas na agricultura, que é o principal fator de pressão sobre os mananciais em decorrência da sua expansão em direção às áreas de recarga dos aquíferos, além dos riscos de poluição associado à elevada aplicação de insumos agrícolas (FAO *apud* OLIVEIRA, 2007).

Como debatido por Oliveira (2007), o uso de pesticidas nas lavouras objetiva a ampliação do suprimento de nutrientes (fertilizantes), a correção do pH do solo (corretivos) e a proteção das lavouras pelo controle de doenças e pragas (defensivos agrícolas). Como consequência, estas práticas podem causar degradação química do solo e contaminação da água a partir da acumulação de poluentes em níveis indesejáveis.

Uma forma positiva de estabilizar e manter as vazões nos rios é a preservação florestal, contudo ainda surgem suspeitas de que algumas das funções hidrológicas atribuídas às florestas, como por exemplo, aumentar a disponibilidade hídrica, são questionáveis. No entanto as florestas são capazes de aprimorar a qualidade da água devido seu potencial de amortizar o volume de sedimentos e movimentos de massa (BACELLAR, 2005). Alguns autores recomendam o reflorestamento como medida de regulação dos recursos hídricos.

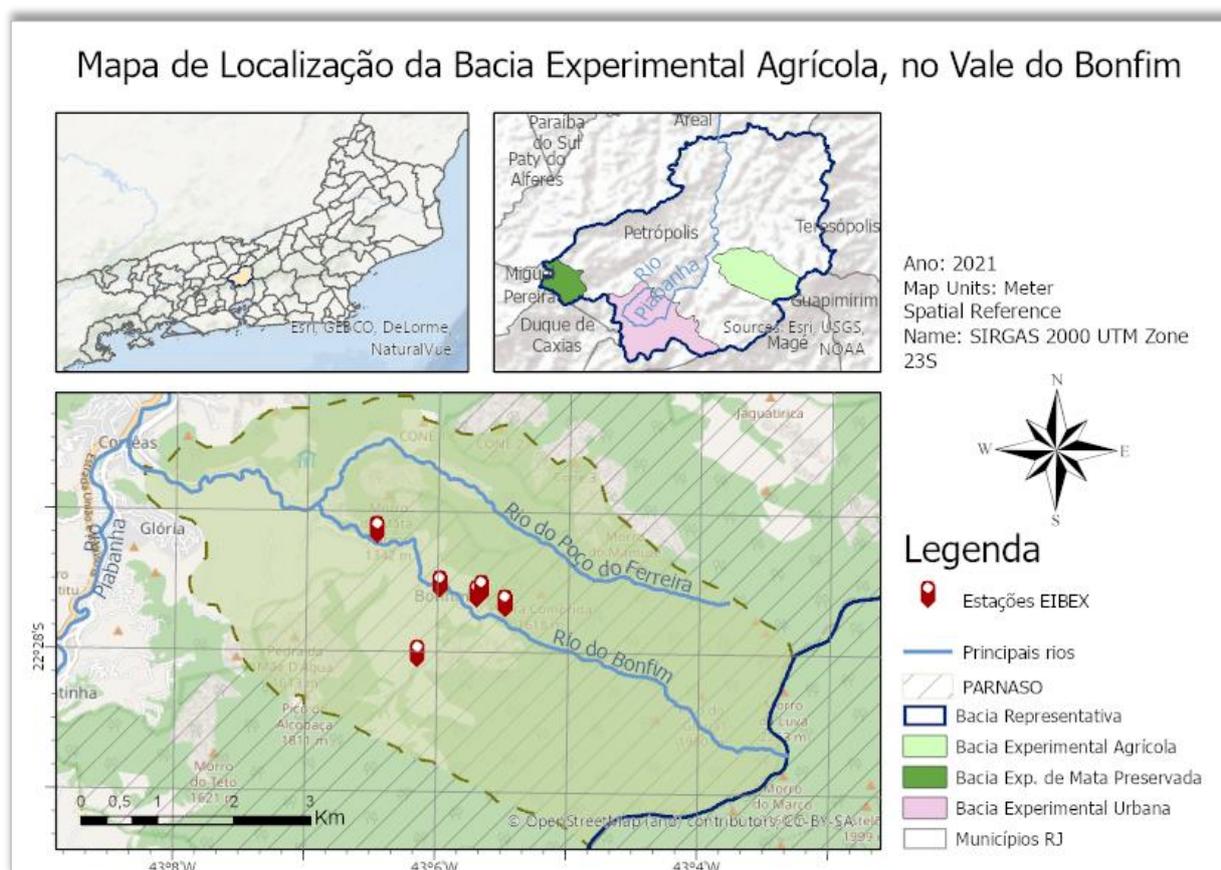
## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 - Área de estudo

A área de estudo deste trabalho consiste na bacia hidrográfica do Vale do Bonfim, chamada aqui de bacia experimental agrícola, localizada no distrito de Corrêas, município de Petrópolis, região

serrana do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Possui área de 30 km<sup>2</sup> e integra a bacia hidrográfica do rio Piabanha. O abastecimento do distrito de Corrêas é feito a partir do manancial do rio do Bonfim, que percorre uma distância de 7 km em direção predominante SE – NW (KIELING, 2014). O outro rio de maior relevância na bacia é o do Poço do Ferreira. O projeto EIBEX mantém cinco estações nesta bacia, sendo três fluviométricas, todas com suporte para coleta de amostra para análise de água, medição de vazão e *in situ* (SILVA, 2020).

Figura 1- Mapa de localização das bacias representativa e experimentais do Projeto EIBEX.



A bacia agrícola do Bonfim se caracteriza como uma região populacional agrária em que a agricultura familiar se destaca, com a produção de hortaliças sendo considerada como principal atividade econômica, seguida de rosas, mudas de árvores, apicultura e etc. Há rotatividade de culturas com descanso curto do solo e os principais produtos são: alface, salsa, cebolinha, agrião e brócolis. Existe a prática de adubagem orgânica, assim como uso do pousio, no entanto, visando aumentar a produtividade das colheitas e evitar pragas, fertilizantes químicos e agrotóxicos são aplicados, segundo Lawall (2010).

A região é marcada por notável diversificação climática, muito por conta da sua topografia acidentada e diversificada, além de estar inserida geograficamente na zona tropical e à proximidade oceânica. Tem características de inverno seco e verão chuvoso. Na bacia do Bonfim a média anual

pluviométrica é de 2000mm no alto curso, no interior da Serra dos Órgãos, sendo fortemente influenciado pela orografia, e decrescendo para 1300mm no baixo curso (ANEEL *apud* GOULART, 1999).

Podem ser identificadas três classes principais de solos na bacia do Bonfim: Neossolos Litólicos, Cambissolos e Latossolos (ICMBIO, 2007 *apud* KIELING, 2014). Os neossolos litólicos e cambissolos são muito suscetíveis aos processos de erosão por se encontrarem em áreas de transição entre os afloramentos rochosos e locais de cotas elevadas do relevo montanhoso respectivamente. Suas baixas fertilidades variam muito do aporte de matéria orgânica e ciclagem superficial de nutrientes. Os cambissolos ocorrem mais nas vertentes com maior declividade, possuindo erodibilidade elevada. Os latossolos são encontrados em área de declividade moderada e têm condições diferenciadas de fertilidade dependendo da profundidade do solo. Possuem baixa suscetibilidade à erosão, todavia podem ocorrer deslizamentos de terra a depender das taxas de infiltração diferenciadas (KIELING, 2014). De acordo com Lawall (2010), “a relação entre degradação e falta de manejo adequado é diretamente proporcional à intensidade dos impactos sofridos pelos solos, e estes se tornam potencialmente mais afetados quando em ambientes serranos pela própria ação gravitacional”.

Os aspectos geomorfológicos da bacia hidrográfica do Bonfim são típicos de regiões serranas, contendo vales, colinas, zonas montanhosas e vertentes extremamente escarpadas, e áreas deposicionais fluviais pouco expressivas, nas quais se restringe nas partes de baixa declividade e próximas a foz (GOULART, 1999).

Importante destacar que a grande parte desta bacia se encontra dentro do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), incluindo a sede administrativa de um de seus setores (ver Figura 1). Um Parque Nacional é uma unidade de conservação integral, o que não permite moradias, conseqüentemente impede o manejo agrícola dentro de seus limites, além da captação de água. Este cenário gera um conflito fundiário entre a comunidade local e os gestores da Parnaso. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão gestor das unidades de conservação federais, reconhece o erro histórico, visto que a comunidade rural da região se constituiu a partir de uma grande fazenda local no início do século XIX, a Fazenda do Bonfim, e já desenvolveu estudo redefinindo os limites de área, assim desconsiderando a área agrícola como território do Parque Nacional (DA MOTA, 2016). Todavia, este processo ainda não foi concluído por questões burocráticas, segundo levantamentos realizados.

## 2.2 – Metodologia

Em estudo anterior, o Projeto EIBEX utilizou como uma de suas referências para classes de uso e ocupação do solo as imagens de classificação do serviço MapBiomas (SILVA, 2020). Neste estudo foi utilizada a imagem relativa ao ano de 2019 (o mais recente disponível), recortada e adquirida através da ferramenta web Google Earth Engine. Sua escala é de 30 metros por pixel, afirmado pelo próprio serviço, já que visa abranger todo o território brasileiro, contudo sendo baixa para um estudo local detalhado.

Para o mapeamento de uso detalhado foi adquirida a imagem do satélite Sentinel 2B referente à passagem sobre a bacia em novembro de 2019 através da disponibilização pelo site do projeto Copernicus. A sua resolução espacial é de 10 metros para a banda do visível e infravermelho e 13 bandas ao total (EMBRAPA, 2021), sendo uma das melhores opções gratuitas disponíveis (Tabela 1). Além disso, ela é do tipo 1C, ou seja, corrigida no topo da atmosfera. O satélite tem taxa de revisita de 10 dias.

Tabela 1: Bandas do Satélite Sentinel 2B

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução espectral	Resolução Espacial
MSI	Banda 4 (vermelho)	0,665 $\mu\text{m}$	10m
	Banda 8 (Infravermelho próximo)	0,842 $\mu\text{m}$	
MSI	Banda 5 (Red Edge 1)	0,705 $\mu\text{m}$	20m
	Banda 11 (SWIR 1)	1,61 $\mu\text{m}$	

A opção de se trabalhar com a imagem de novembro de 2019 se deu motivado pela equivalência da imagem no programa Google Earth ser da mesma época sobre a região. Devido à pandemia causada pelo SARS-CoV-2, conhecido popularmente como novo coronavírus, não se pode fazer um trabalho de campo para reconhecimento e detalhamento da área, tirando proveito das imagens do Google Earth como suporte. O conhecimento empírico prévio da região estudada é fundamental para entender a dinâmica da distribuição espacial, possuindo uma relação direta entre a eficácia do mapeamento e o conhecimento do interpretador em relação à área de estudo.

O processamento digital da imagem e suas classificações foi realizado utilizando o Environmental for Visualizing Images (ENVI) em sua versão 5.6, um software comercial para processamento de dados de sensoriamento remoto. Houve a necessidade de realizar uma classificação supervisionada para revelar a possibilidade de agrupamentos de pixels e adensá-las nas classes de usos desejadas. Foram escolhidas cinco classes de uso e ocupação do solo, são elas: Vegetação Densa, Campo, Área Edificada, Afloramento Rochoso e Área Agrícola.

O MapBiomias padroniza sua classificação nacionalmente em várias classes, porém apenas cinco foram vistas na área da bacia: Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Infraestrutura Urbana e Outras Áreas Não Vegetadas.

Para a classificação do mapa do MapBiomias a Área Agricultável se encontra agrupada com os clusters de Pastagem, além uma exclusiva de Pastagem, o que não era interessante para este trabalho, que busca destacar as áreas agrícolas da bacia. As pastagens foram agrupadas dentro da classe Campo. Pelo conhecimento prévio da região não há pastagem, muito motivado por estar sob júdice da PARNASO. Preferimos empregar o termo Área Edificada e não Infraestrutura Urbana para incluir edificações rurais. A classe Afloramento Rochoso não foi apresentada no produto com a classificação do MapBiomias, no entanto foi possível identificá-la na imagem usada para a classificação feita neste trabalho.

Na etapa de separação das classes de uso do solo foram empregadas as técnicas do Mapeamento Supervisionado com o método da máxima verossimilhança, usando a ferramenta *workflow* do ENVI, onde vários pontos de interesse foram levantados para representar o comportamento espectral da refletância dos alvos destinados. As composições de bandas utilizadas foram (4, 8, 5) e (11, 8, 4) para atender os interesses do mapeamento. Na definição dos pontos de interesse contou-se com o auxílio dos índices NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), NDWI (índice da Diferença Normalizada da Água), SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) e EVI2 (Índice de Vegetação Realçado).

Para ser verificada a confiabilidade das classes de uso e ocupação do solo geradas do processamento digital da imagem obteve-se o coeficiente Kappa, que mede a qualidade das amostras a partir da proporção das mesmas classificadas com precisão correspondentes à relação entre a soma da diagonal principal da matriz de erros e a soma de todos os elementos caracterizadas pelo número total da amostra, tendo como parâmetro o número total de classes (COHEN *apud* NASCIMENTO *et al*, 2016). A variação de 0 a 1 do coeficiente indicará que um valor mais próximo de 1 significará maior precisão dos dados, estes sendo classificados percentualmente.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Definidas as classes, o objetivo e o emparelhamento entre as duas classificações, os recortes foram feitos, gerando os mapas e os resultados publicados a seguir apresentados e debatidos.

Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia agrícola 2019 (classificação MapBiomas 2019)

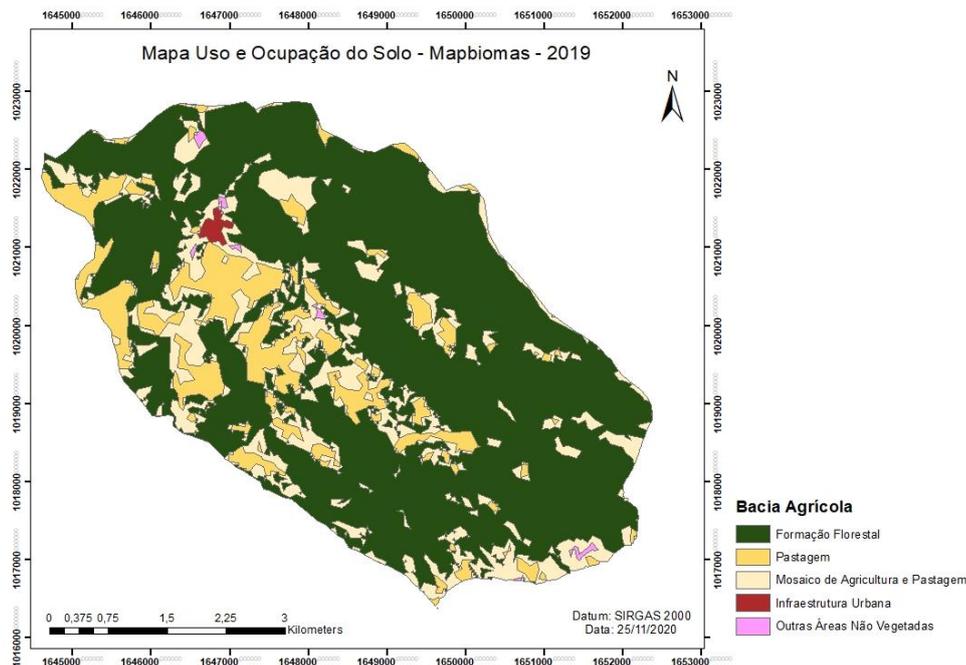
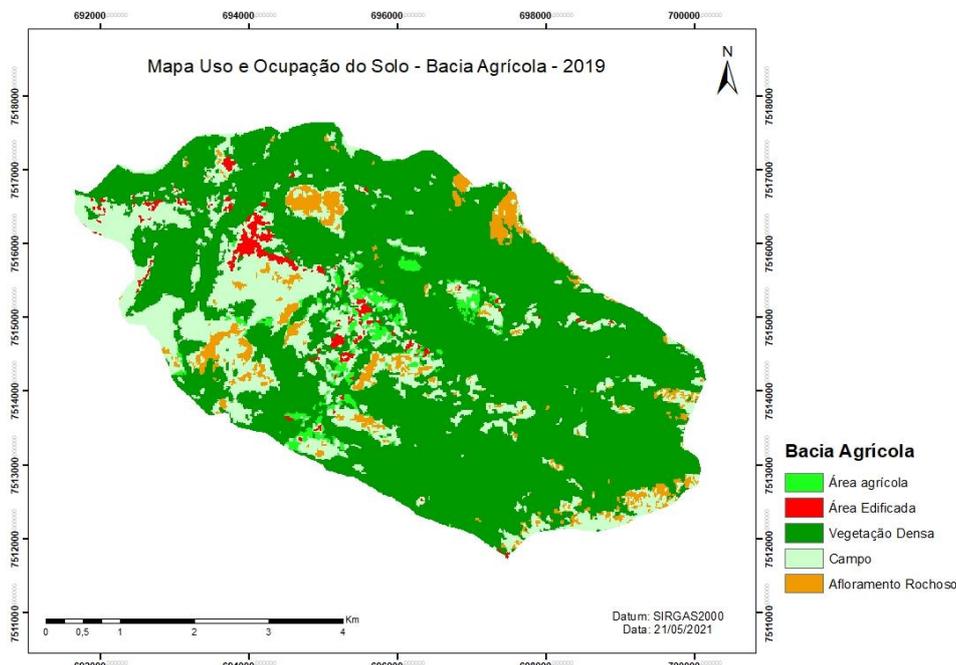


Figura 3- Mapa Uso e Ocupação da Bacia Agrícola 2019 - EIBEX



As classes que mais se assemelham nos dois produtos são Vegetação Densa e Formação Florestal. Pode-se perceber maior detalhamento na classe Área Edificada quando comparadas as Figuras 3 e 4. Foi feito o cálculo para cada classe mostrando a porcentagem das áreas, comparando cada uma: Formação Florestal 70,28% e Vegetação Densa 71,55%; Mosaico de Agricultura e Pastagem 16,76% e Área Agrícola 2,18%; Pastagem 12,33% e Campo 19,77%; Infraestrutura Urbana

0,34% e Área Edificada 1,63%; Outra Área Não Vegetada 0,30%; e Afloramento Rochoso 4,87%. Apresentamos de forma mais detalhada em dois gráficos (Figuras 4 e 5):

Figura 4 – Gráfico de extensão de áreas pela classificação do MapBiomas

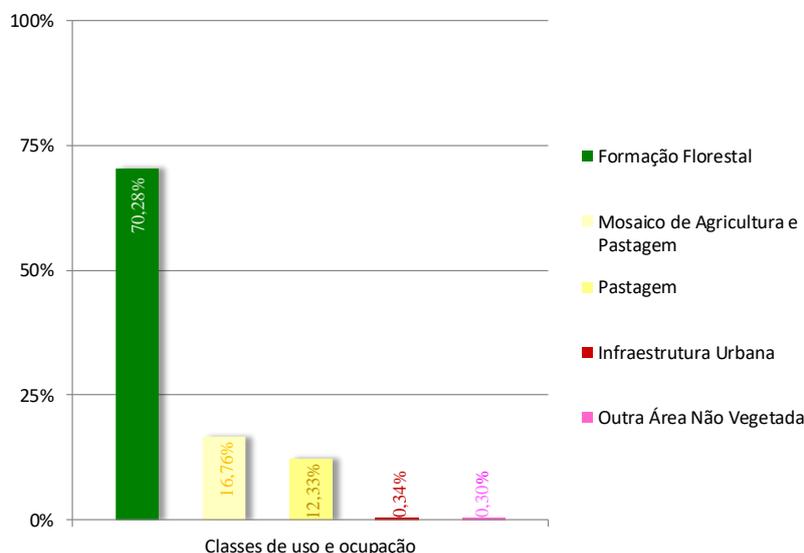
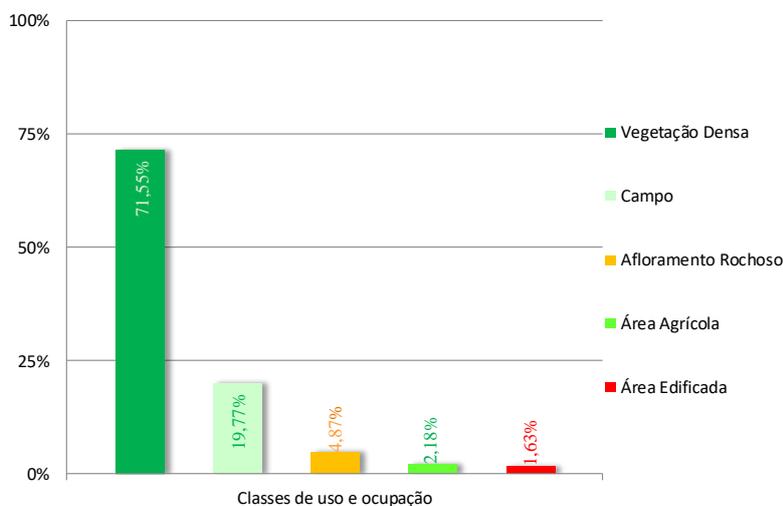


Figura 5 – Gráfico de extensão de áreas pela classificação do projeto EIBEX



Enquanto o resultado entre Formação Florestal (70,28%) / Vegetação Densa (71,55%) pode ser considerado próximo, avaliamos que houve um bom acréscimo sobre Área Edificada (1,63%) em relação a classificação de Infraestrutura urbana (0,34%), visto que algumas propriedades rurais passaram a serem consideradas.

Enquanto a detecção do MapBiomas não conseguiu classificar nenhum pixel como Afloramento Rochoso, obtivemos relativo êxito, com 4,87%. Por ser um vale, presume-se que o valor real seja muito maior. Caso similar com a classificação da Área Agrícola, que chegamos a um percentual de 2,18% de uso em relação ao total da área.

Houve bastante dificuldade na separação das amostras devido à falta de conhecimento da região, e principalmente devido à resolução espacial não ser alta o suficiente para um levantamento mais preciso. Então se procurou mostrar a comparação dos dois produtos com o intuito de entender e detalhar melhor a região para estudos futuros, inclusive pretende-se fazer maior detalhamento para área agrícola com o objetivo de mostrar quais culturas existem na área.

#### 4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após os resultados obtidos conclui-se que foi obtida uma melhor classificação para a região da bacia agrícola, havendo um real detalhamento na área agrícola e a detecção de afloramentos rochosos, classe não identificada pelo MapBiomas no vale, além do descarte da classe pastagem, não encontrada na região.

O coeficiente Kappa retornou bons resultados, porém o produto ainda não é considerado satisfatório na visão da equipe, principalmente se tratando da classe Afloramento Rochoso, menos representada do que a realidade, e Vegetação Densa, o inverso (Tabela 2). Era de conhecimento comum que haveria certa discrepância entre os dados do MapBiomas e do produto gerado internamente pelo projeto, considerando as imagens utilizadas e suas resoluções espaciais. O êxito obtido neste momento estimula o aprimoramento do trabalho.

Tabela 2: Coeficiente Kappa

2019	Kappa Coefficient = 0.9515					Overall Accuracy = (12492/12655) 98.7120%
Ground Truth (Percent)						
Classes	Área Agrícola	Afloramento Rochoso	Campo	Área Edificada	Vegetação Densa	
Unclassified	0	0	0	0	0	
Área Agrícola	88,5	0	0,59	0	0	
Afloramento Rochoso	0	87,09	0,82	0	0	
Campo	9,73	4,43	95,29	5,03	0	
Área Edificada	0	0	2	94,97	0	
Vegetação Densa	1,77	8,48	1,3	0	100	
Total	100	100	100	100	100	

No entanto essa metodologia ainda há de ser melhorada, tendo como objetivo futuro fazer levantamentos de campo e, caso possível, fazer aquisição de imagens com melhores definições. Por ser em um vale, presume-se que a região precise de maior destaque aos afloramentos rochosos, diminuindo em contrapartida o percentual de vegetação densa. Recomenda-se também o uso de drones para obtenção de melhor detalhamento da área agrícola.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACELLAR, L. A. P. **O papel das florestas no regime hidrológico das bacias hidrográficas** – Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto – 2005.

- DA MOTA, N. S. C. B. **Unidades de Conservação: Questões fundiárias e redelimitação: A comunidade do Bonfim e o PARNASO.** Orientador: Ricardo Valcarcel. 2016. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.
- GOULART, D. R. **Diagnóstico da suscetibilidade a erosão dos solos da Bacia Hidrográfica do Bonfim - Correias, Petrópolis - RJ. (1999).** 128 f. (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro 1999.
- KIELING, D. **Evolução do uso e cobertura do solo, com foco nas Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis – Rio de Janeiro.** Dissertação (mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas. 2014
- LAWALL, S. **Modificações na Hidrologia dos Solos em Resposta as Alterações de Uso e Cobertura na Bacia na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Região Serrana do Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2010. 2003p.
- NASCIMENTO, I. S. et al. **Avaliação da exatidão dos classificadores Maxver e Iso Cluster do software ArcGIS for Desktop, com uso de imagem Landsat 8 do município de Cáceres/MT.** Revista Continentes (UFRRJ), Rio de Janeiro, ano 5, n. 8, p. 48-62, 2016.
- OLIVEIRA, E. S. **Indicadores geoambientais de qualidade das águas na bacia do Córrego Sujo, médio vale do Rio Paraíba do Sul, Teresópolis (RJ) -** Dissertação (Doutorado) – Geoquímica Ambiental - Universidade Federal Fluminense, 2007.
- PORTAL EMBRAPA (Campinas, SP) (ed.) **SENTINEL.** [S. l.], 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>>. Acesso em: 20 maio 2021.
- SILVA, J. G P. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo em bacias experimentais sobre a qualidade de água no rio Piabanha - Região Serrana do Rio de Janeiro/RJ.** Orientador: Daniel Andrez Rodriguez. 2020. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biossistemas) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Biossistemas, Univerdade Federal Fluminense, Niteroi, 2020.
- VILLAS-BOAS, M. D.; SANTOS, F. J. ; SILVA, J. P.G. ; HENRIQUES, M. P. ; KENUP, R. E. ; MEDEIROS, A. D. ; AZEVEDO, J. P. S. ; OLIVERA, F. . **Os 10 anos do projeto institucional da CPRM: Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas - Região Serrana/RJ: Conquistas e Desafios Futuros.** In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.