



USO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL NO MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA NOS DOMÍNIOS DO BIOMA CAATINGA: CONTRIBUIÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DOS FEIJÕES, BAHIA, BRASIL

Izaias de Souza Silva, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,
izaiasdesouzasilvaa@gmail.com
Jaqueline Pereira Evangelista, Universidade de Brasília,
jaquelineevangelista@gmail.com
Ulisses Costa de Oliveira, Universidade Federal do Ceará,
ucoliveira@msn.com

Resumo

Os mapeamentos da cobertura e uso da terra possuem grande relevância na compreensão das diversas formas de apropriação e uso dos recursos naturais, constituindo um importante insumo às tomadas de decisões. Estes mapeamentos resultam, sobretudo, do Processamento Digital de Imagens (PDI) de satélite. Este estudo objetivou realizar o mapeamento da cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Feijões (BHRF), situada nos domínios do bioma Caatinga, a partir do uso de imagens de satélite de alta resolução espacial. Os resultados mostram que, apesar de parte significativa da área em estudo apresentar condições de conservação da cobertura vegetal natural, há uma forte presença de áreas degradadas na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Cobertura e uso da terra, Sustentabilidade, Caatinga.

1. Introdução

O Processamento Digital de Imagens (PDI) de satélite, com ênfase nos mapeamentos da cobertura e uso da terra, tornou-se uma das principais ferramentas para análise e monitoramento dos ecossistemas (MENESES e ALMEIDA, 2012; NOVO, 2010). Consoante a Cihlar e Jansen (2001), mapeamentos da cobertura e uso da terra concebem a paisagem em termos de fatores naturais e antrópicos, sendo esses mapeamentos um insumo de grande importância às tomadas de decisões no âmbito do planejamento territorial e do desenvolvimento sustentável, corroborando informações e conhecimentos sobre as potencialidades, restrições e mesmo, incongruências, quanto às diversas formas de apropriação e usos dos recursos naturais, tendo em vista as diferentes escalas de análises.



No contexto dos domínios do bioma Caatinga, mapeamentos para análises e monitoramento da cobertura e uso da terra são extremamente importantes, tendo em vista que a degradação ambiental do bioma se apresenta como sendo um dos principais desafios a serem suplantados, assim como um cenário de mudanças climáticas globais, com um aumento significativo das áreas de alto risco à desertificação, promovendo mudanças significativas no seu funcionamento e nos seus serviços ecossistêmicos, mudanças essas, derivadas sobretudo dos usos indiscriminados dos seus recursos naturais (REBOUÇAS, 1997, ARAÚJO e SOUZA, 2011).

De acordo com os dados do IBGE (2022), a área ocupada originalmente pela Caatinga compreende aproximadamente 10% do território brasileiro, sendo que nos dias atuais, aproximadamente 36% da sua área total é antropizada, haja vista séculos de exploração. Atualmente, a maior parte das atividades antrópicas nos domínios do bioma Caatinga estão vinculadas à pecuária, com a prática do superpastoreio de bovinos, caprinos e ovinos; práticas de queimadas desordenadas para expansão e incorporação de áreas agricultáveis; e principalmente, atividades de exploração madeireira e produção de carvão, com um forte processo de supressão da cobertura vegetal natural (ARAÚJO FILHO e CARVALHO, 1997).

Tendo em vista os aspectos inerentes ao PDI de satélite, com ênfase nos mapeamentos da cobertura e uso da terra, Mather (1999) destaca que há na literatura científica uma diversidade de abordagens teórico-metodológicas, onde cada uma, com as suas especificidades e propósitos de detalhamento, contempla o emprego de diferentes dados, escalas e recortes espaço-temporais. Consoante Lillesand e Kieffer (2000) e Lillesand *et al.*, (2008), metodologias mais atuais tem se destacado pela abordagem de classificação supervisionada e não supervisionada – por amostragem ou segmentação; ou ainda as classificações por uso de modelos de mistura espectral, de redes neurais, orientadas a objetos, por ângulo espectral, dentre outras.

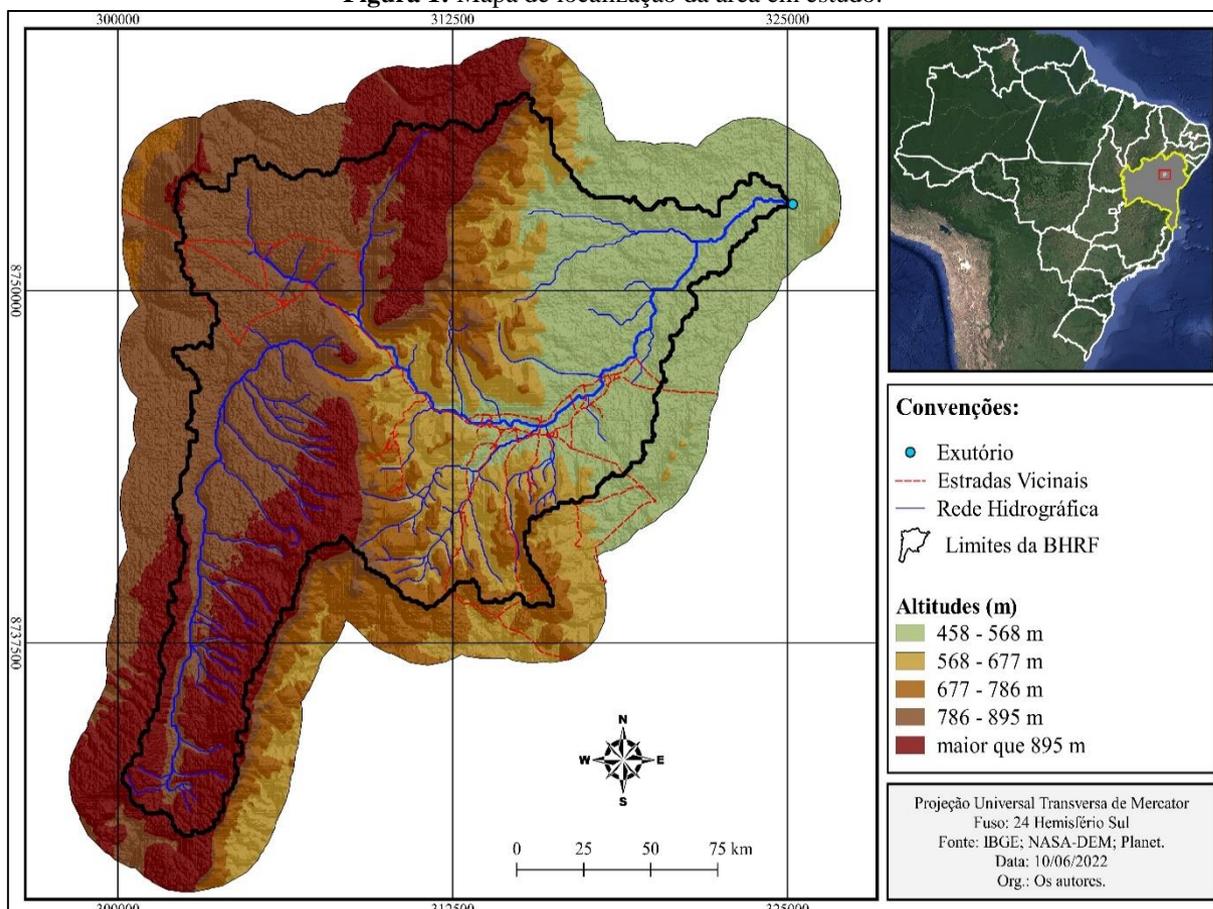
Esta pesquisa teve como principal objetivo empregar técnicas de PDI de satélite, sob imagens de alta resolução espacial, de acesso gratuito, para análise das condições de cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Feijões (BHRF), situada nos domínios do bioma Caatinga e do Clima Semiárido, na porção centro-norte do estado da Bahia (Figura 1), Ecorregião do Complexo da Chapada Diamantina, município de Miguel Calmon, onde parte



significativa da população (10.409 habitantes, 39,3%) vive na área rural, e têm como principais atividades econômicas a criação de bovinos, caprinos e ovinos (IBGE, 2010).

A BHRF ocupa uma área de aproximadamente 293,58 Km², e possui altitude média de 742 m, com amplitude altimétrica de 550 m, tendo em vista as menores cotas com 458 m, na sua porção nordeste e leste, evidenciando áreas de brejos; enquanto as maiores cotas alcançam valores acima dos 1008 m (Figura 1), ocorrendo desde a porção centro-norte à sudeste, compreendendo áreas de tabuleiros. A declividade média da bacia é 2,5, evidenciando a predominância de relevos planos a suave-ondulados, enquanto a precipitação e temperatura média anual é de aproximadamente 107,78 mm, e 26,9 ° C, respectivamente.

Figura 1: Mapa de localização da área em estudo.



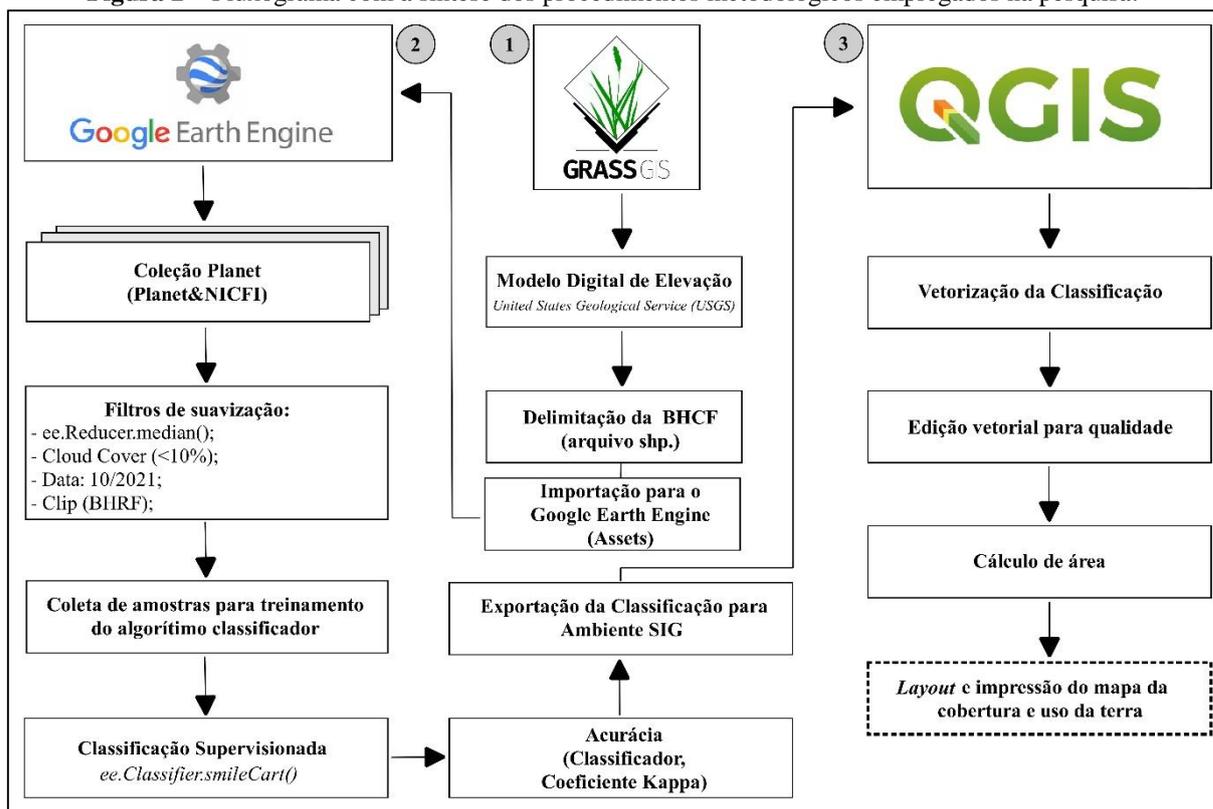
Org.: Os autores da pesquisa.



2. Metodologia

A metodologia da pesquisa teve como base a revisão bibliográfica e o PDI de satélite de alta resolução espacial (4.77 m), onde empregou-se, especificamente, imagens *Planet* para realização do mapeamento da cobertura e uso da terra. Os procedimentos metodológicos implementados estão sintetizados e apresentados no fluxograma referente à Figura 2, tendo em vista três etapas consecutivas e complementares de realização das atividades.

Figura 2 – Fluxograma com a síntese dos procedimentos metodológicos empregados na pesquisa.



Org.: Os autores da pesquisa.

No que se refere à primeira etapa (1) de processamento dos dados, especificamente, compreendeu a delimitação da área em estudo (BHRF), sendo realizada no *software* GRASS, mediante o processamento da imagem concernente ao *Digital Elevation Model* (MDE), prove-



niente da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponível no site do *United States Geological Service* (USGS, 2022). As demais etapas (2 e 3), foram realizadas na plataforma *Google Earth Engine* e no *software* QGIS 3.22 *Biatowieza*, respectivamente.

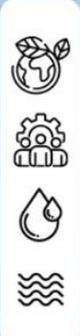
Na plataforma do *Google Earth Engine*, primeiramente realizou-se o acesso à coleção de imagens do Planet&NICFI, levando-se em consideração imagens livre da cobertura de nuvens (<10%), o computo da mediana das imagens referentes ao mês de outubro (10) do ano de 2021, sendo este o mês com menor cobertura de nuvens; e o recorte do mosaico a partir dos limites da BHRF. Os procedimentos subsequentes na plataforma do *Google Earth Engine*, referem-se à definição das classes temáticas e coleta de amostras para treinamento do algoritmo classificador; à classificação; acurácia e exportação do dado referente à classificação para ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), especificamente, QGIS 3.22 *Biatowieza*.

A respeito do algoritmo classificador, baseado na abordagem de *machine learning*, definiu-se para o presente estudo o *Classification and Regression Trees* (CART), um classificador não paramétrico que, pixel a pixel, opera usando níveis de números digitais de amostras estabelecidas pelo usuário, como supracitado, para gerar uma árvore de decisão e classificar toda a matriz, isto é, toda a imagem. A classificação teve uma acurácia global de 00%, e um coeficiente *Kaapa* de 0,00, o que significa um ótimo desempenho de aprendizado (COHEN, 0000).

Uma vez realizada a exportação da classificação para ambiente SIG, no *software* QGIS 3.22 *Biatowieza*, a terceira etapa de processamento dos dados compreendeu a vetorização, edição vetorial para qualidade, e cálculo de área para as classes temáticas, respectivamente. Por fim, criou-se um *Layout* de impressão no próprio *software* QGIS 3.22 *Biatowieza*, para exportação da figura referente ao mapa de cobertura uso da terra na BHRF (Figura 3).

3. Resultados e Discussões

Haja vista o mapa da cobertura e uso da terra da BHRF (Figura 3), pode-se observar os diferentes aspectos inerentes aos fatores naturais e antrópicos em escala de paisagem na área em estudo. Nota-se que ocorrem três fitofisionomias principais de Caatinga na BHRF, a saber, Caatinga Densa, caracterizando ambientes revestidos por vegetação de porte arbóreo; Caatinga



IV SUSTENTARE & VII WIPIS

WORKSHOP INTERNACIONAL

Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO
GRATUITO
TOTALMENTE
ONLINE

Realização:



SUSTENTARE
PUC MINAS



WIPIS
BIO-OP

Apoio:



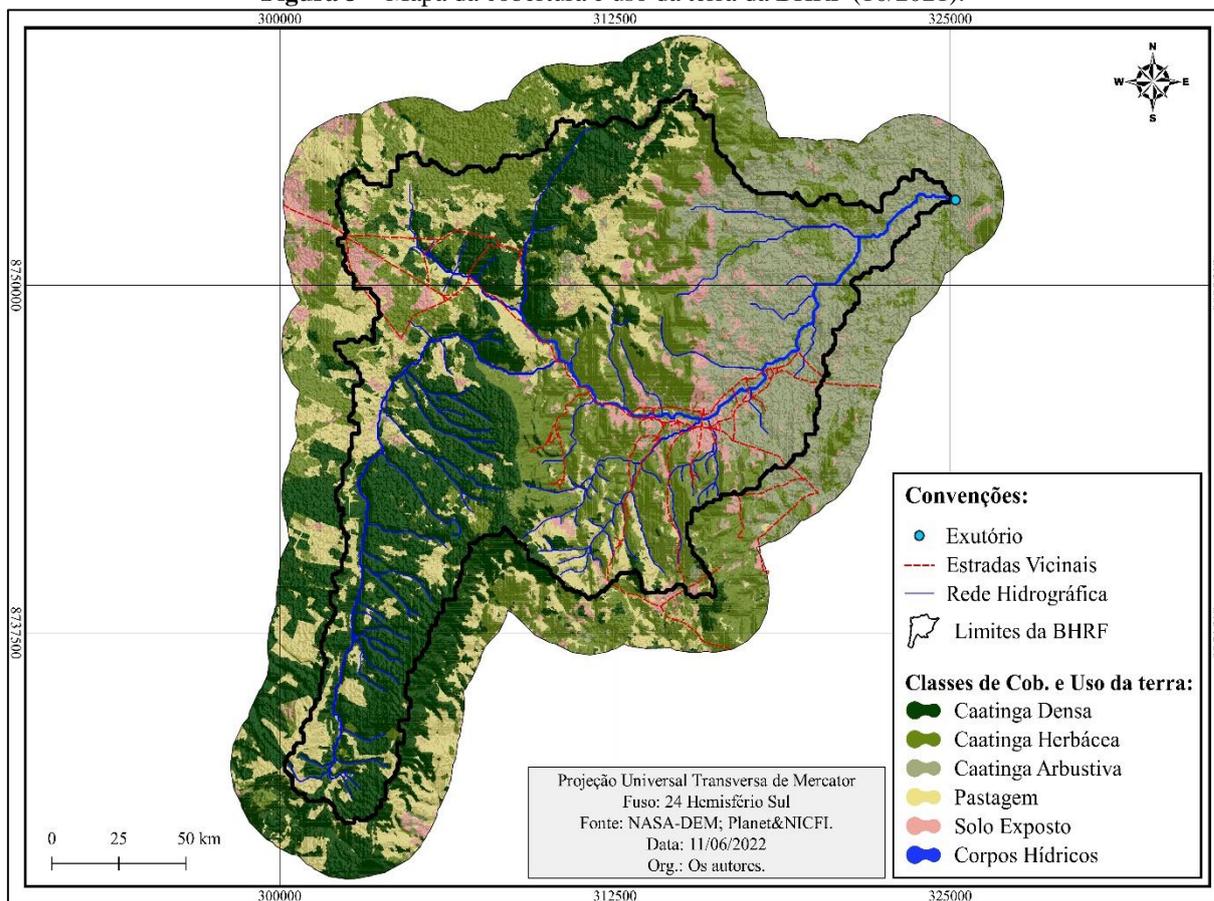
Agência das Ráscas PCJ



COMITÊS PCJ

Herbácea, evidenciando áreas recobertas por vegetação de menor porte; e Caatinga Arbustiva, compreendendo ambientes com predomínio de espécies arbustivas. Quanto às classes de uso da terra, destacam-se áreas de pastagens extensivas, destinadas sobretudo à criação de bovinos; e áreas de solo exposto, compreendendo áreas sem qualquer tipo de proteção do solo, em sua maior parte, associadas a áreas onde há infraestruturas como estradas, casas, sítios, entre outras.

Figura 3 – Mapa da cobertura e uso da terra da BHRF (10/2021).



Org.: Os autores da pesquisa.

A partir do mapa da cobertura e uso da terra (Figura 3), nota-se também que, tanto a montante quanto a jusante da BHRF, as áreas revestidas por Caatinga Densa e Caatinga Herbácea contrastam tanto com áreas ocupadas por pastagens, especialmente nas áreas de maiores



altitudes; quanto com mosaicos de solo exposto, evidenciando áreas com algum nível de degradação. Nesse contexto, pode-se observar também que as áreas de Caatinga Arbustiva ocorrem de maneira restrita na porção leste e nordeste da bacia hidrográfica, contrastando com mosaicos de solo exposto, sendo que estas últimas estão fortemente associadas, como supracitado, às estradas vicinais (Figura 3), evidenciando ambientes com alto potencial à deflagração de processos erosivos, devido principalmente à exposição e compactação do solo.

Considerando que as diferenças de altitudes exercem forte influência na distribuição da vegetação e, conseqüentemente, na estrutura e configuração da paisagem de uma determinada região (AB’SABER, 2003); pode-se observar a partir do mapeamento da cobertura e uso da terra que, no contexto da BHRF, a ocorrência de áreas revestidas por Caatinga Densa e Caatinga Herbácea configuram ambientes, predominantemente, de maiores altitudes (Tabela 1); enquanto áreas recobertas por Caatinga Arbustiva estão associadas, genericamente, às áreas de menores altitudes, onde o relevo se caracteriza como sendo plano e suave-ondulado.

Tabela 1 – Descrição das classes de cobertura e uso da terra e sua relação com a altitude e declividade do relevo

Classe Temática	Área (Km²)	Altitude Média	Declividade Média
Caatinga Densa	89,7	874 m	2.7 % (Relevo Plano)
Caatinga Herbácea	89,6	709 m	2.6 % (Relevo Plano)
Caatinga Arbustiva	40,1	533 m	2.0 % (Relevo Plano)
Pastagem	47,7	812 m	2.6 % (Relevo Plano)
Solo Exposto	26,5	656 m	2.5 % (Relevo Plano)
Corpos Hídricos	0,1	706 m	3.8 % (Relevo Suave-Ondulado)
Total	293,58		

Org.: Os autores da pesquisa.

Levand-se em consideração as áreas de tabuleiros, revestidas sobretudo pelas fitofisionomias de Caatinga Densa e Caatinga Herbácea, ocorrendo desde a porção centro-norte à sudeste da área em estudo (Figura 3), verifica-se uma alta concentração de nascentes e cursos hídricos

de primeira ordem, caracterizando áreas de grande importância na dinâmica geomorfológica e hidrológica da BHRF. Nesse sentido, destaca-se que estas áreas possuem caráter estratégico quanto a implementação de práticas sustentáveis, com ênfase na conservação do solo e da água, tendo em vista um cenário onde as áreas de uso da terra por pastagens ocupam aproximadamente 16,3% da área total da BHRF, sendo este o uso antrópico predominante.

A Tabela 2 compreende a matriz de confusão que resulta da classificação da cobertura e uso a terra da BHRF (10/2021). Nesse sentido, evidencia uma acurácia geral de 92,0%, e um coeficiente *Kappa* de 0,90, o que significa um bom desempenho de aprendizado por parte do algoritmo classificador (COHEN, 1960). Especificamente, a matriz de confusão mostra que, de um total de 125 pixels amostrais visitados, aleatoriamente, no processo de validação da classificação, 115 destes (soma dos valores da diagonal principal da matriz) mostraram concordância entre o que foi classificado e o que foi observado no conjunto de dados de referência.

Tabela 2 – Matriz de confusão proveniente da classificação da cobertura e uso da terra na BHRF (12/2021)

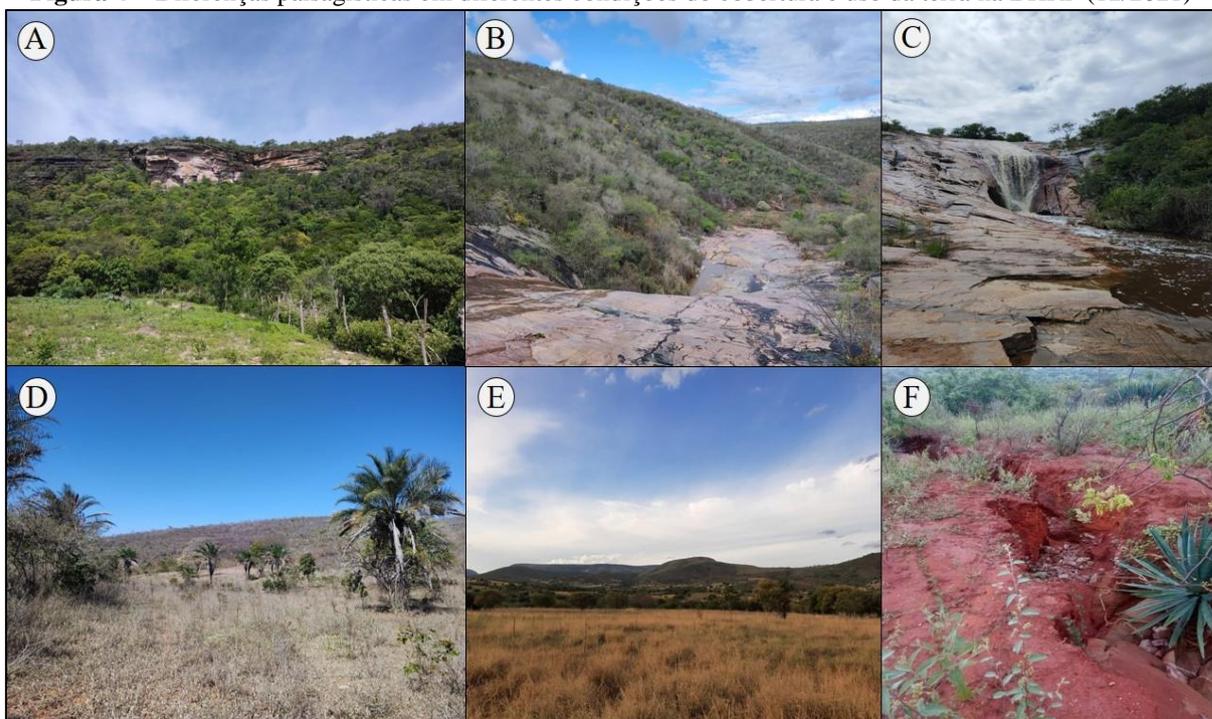
	<i>Caatinga Densa</i>	<i>Caatinga Herbácea</i>	<i>Caatinga Arbustiva</i>	<i>Pastagem</i>	<i>Solo Exposto</i>	<i>Corpos Hídricos</i>	
<i>Caatinga Densa</i>	32	1	0	0	0	0	33
<i>Caatinga Herbácea</i>	0	19	0	0	0	0	19
<i>Caatinga Arbustiva</i>	0	0	17	4	0	0	21
<i>Pastagem</i>	0	0	5	11	0	0	16
<i>Solo Exposto</i>	0	0	0	0	13	0	13
<i>Corpos Hídricos</i>	0	0	0	0	0	23	23
Total	32	20	22	15	13	23	125
A. Geral	92,0						
C. Kappa	0,90						

Org.: Os autores da pesquisa.



A Figura 4, que resulta de atividades de campo realizadas nos dias 20, 21, 22 e 23 do mês de dezembro (12) do ano de 2021, mostra as diferentes condições paisagísticas em relação às classes de cobertura e uso da terra na BHRF. Especificamente, a fotografia A) mostra uma área de Caatinga Densa; a fotografia B) mostra uma área recoberta por Caatinga Herbácea; a fotografia C) mostra uma pequena cachoeira, representando assim a classe Corpos Hídricos; a fotografia D) mostra uma área de Caatinga Arbustiva associada à presença de Licuri (*Syagrus Coronata*); a fotografia E) e F) mostram, respectivamente, áreas com uso da terra voltado para pastagem extensiva, e uma área de solo exposto com presença de processo erosivo.

Figura 4 – Diferenças paisagísticas em diferentes condições do cobertura e uso da terra na BHRF (12/2021)



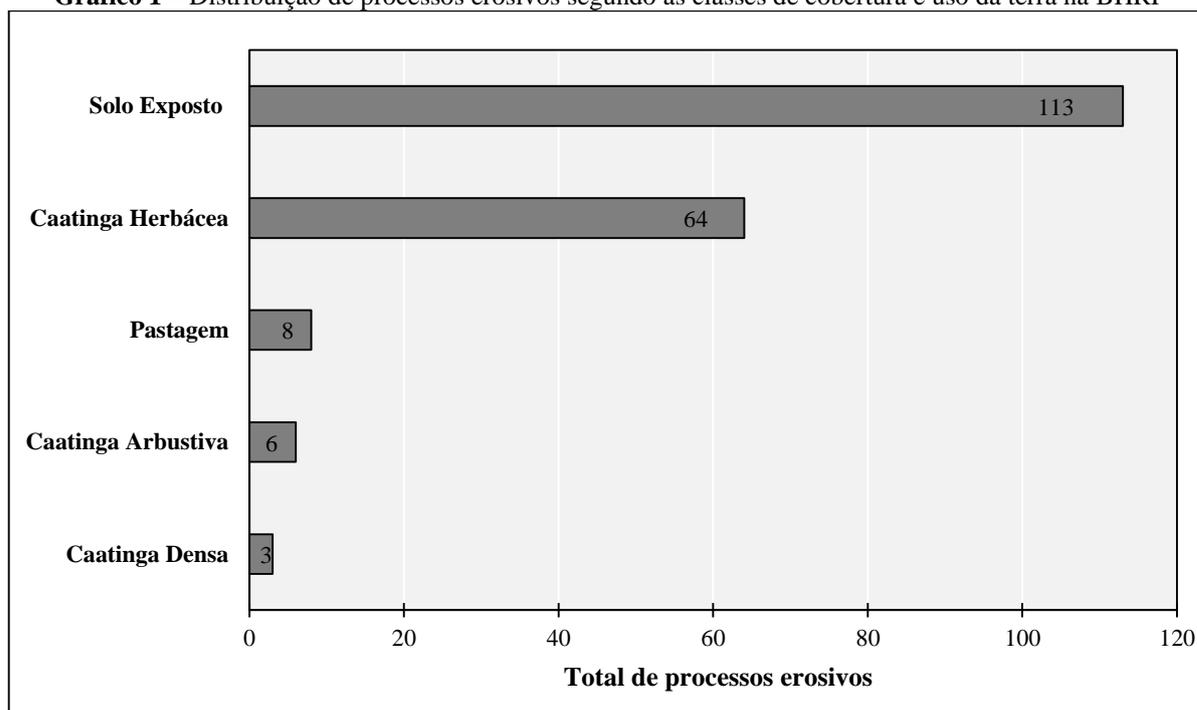
Org.: Os autores da pesquisa.

No que diz respeito a ocorrência dos processos erosivos na BHRF, percebe-se e convém destacar a importância de se implantar práticas conservacionistas, tendo em vista que estes processos podem comprometer diretamente o equilíbrio ecossistêmico da bacia hidrográfica, além de potencializar processos de maior complexidade, citando o exemplo das áreas de alto rico à



desertificação. A partir da atividade de campo supracitada, realizou-se o cadastro de 194 processos erosivos (Laminares e Lineares) distribuídos na BHRF, sendo que 62,4% destes processos ocorrem em áreas de uso antrópico (Pastagem e Solo Exposto), e 37,6% em áreas de coberturas vegetais naturais (Caatinga Densa, Caatinga Herbácea e Caatinga Arbustiva). O Gráfico 1 mostra como se dá a distribuição dos processos erosivos segundo as classes de cobertura e uso da terra na BHRF.

Gráfico 1 – Distribuição de processos erosivos segundo as classes de cobertura e uso da terra na BHRF



Org.: Os autores da pesquisa.

Como se observa no Gráfico 1, parte significativa dos processos erosivos cadastrados ocorrem sobre áreas de Solo Exposto, Caatinga Herbácea, Pastagem, Caatinga Arbustiva e Caatinga Densa, respectivamente; sendo que em grande parte, a ocorrência de processos erosivos em áreas de Caatinga Herbácea, estão associados às proximidades das estradas vicinais, sendo necessário um estudo mais aprofundado para entender com maior detalhes essas relações na BHRF.



5. Conclusões

A partir do presente estudo, observou-se que as coberturas vegetais naturais (Caatinga Densa, Caatinga Herbácea e Caatinga Arbustiva) compreendem cerca de 74,7% da área total da BHRF, enquanto as atividades associadas a usos antrópicos, a saber, áreas de uso da terra por Pastagem e área de Solo exposto, representam 25,3% da área total bacia hidrográfica. Nesse sentido, observou-se que há no contexto da BHRF uma forte relação entre o relevo e a cobertura vegetal natural, com áreas de Caatinga Arbustiva fortemente associadas às áreas de menores altitudes, e áreas de Caatinga Densa e Caatinga Herbácea associadas às áreas de maiores altitudes.

Observou-se com o desenvolvimento da presente pesquisa que, o PDI de satélite de alta resolução espacial, com ênfase no mapeamento da cobertura e uso da terra nos domínios do bioma Caatinga, é uma abordagem metodologicamente viável para avaliar as condições de cobertura e uso da terra nos domínios das Caatingas, sendo este um importante produto para a formulação de políticas públicas, implementação de práticas conservacionistas, bem como desenvolvimento de estudos de maior complexidade sobre os aspectos físico-ambientais. Sugere-se como propostas de estudos futuros na BHRF, o estudo e modelagem dos impactos das mudanças na cobertura e uso da terra na deflagração de processos erosivos e perda do solo; e a análise da resposta da vegetação natural em diferentes cenários e condições climáticas.

7. Referências bibliográficas

ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. de. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**, Sobral: EMBRAPA - CNPC, 1997. 19 p. (EMBRAPA - CNPC. Circular Técnica, 13).

ARAUJO, Cristina de Sousa Felizola; SOUSA, Antonio Nóbrega de. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Ciência e Educação. (Bauru)**, v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000400013. Acesso em: 21 Jan. 2021.

CIHLAR, J; JANSEN, L. J. M. From Land Cover to Land Use: A Methodology for Efficient Land Use Mapping over Large Areas. **Professional Geographer**, v. 53, n. 2, p. 275-289, 2001. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/0033-0124.00285>. Acesso em: 10 Mai. 2022.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <https://sibra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>. Acesso em: 12 Mai. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/documentos/Sintese_Descricao_Biomas.pdf. Acesso em: 13 Mai. 2022.

LILLESAND, T. M.; KIEFFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 2ª Edição. New York. John Wiley & Sons. 2000. 721p. Forestry, Lake Buena Vista, Florida. 2000.

LILLESAND, T. M; KIEFER, R. W; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 6th ed. Hoboken NJ: John Wiley e Sons, 2008. 756p.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 2ª ed. Great Britain: John Wiley e Sons, 1999. 352p.

MENEZES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (org.). **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. Ed. Brasília: CNPQ, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332292728_INTRODUCAO_AO_PROCESSAMENTO_DE_IMAGENS_DE_SENSORIAMENTO_REMOTO. Acesso em: 25 Abr. 2022.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4ª Edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2010. 388p.

REBOUÇAS, A. da C. **Água na Região Nordeste: desperdício e escassez**. Estudos Avançados, V. 11, Nº 29, São Paulo Jan. Abr. 1997. 16 p.

United States Geological Service (USGS). Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 11 Mar. 2022.