



PROPOSTA METODOLÓGICA DE MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA EM DETALHAMENTO PROGRESSIVO ¹

Izaias de Souza Silva²
Diego Tarley Ferreira Nascimento³

RESUMO

No contexto do entorno de reservatórios de Usinas Hidrelétricas percebe-se modificações intrínsecas na cobertura e uso da terra. Assim, tem-se por objetivo desenvolver uma proposta metodológica de mapeamento da cobertura e uso da terra com detalhamento progressivo para o contexto do entorno de reservatórios de Usinas Hidrelétricas (UHEs), tendo como estudo de caso as UHEs Batalha e Itumbiara. Para tanto, inicialmente, foram empregados dados secundários do Projeto Mapbiomas para o reconhecimento da dinâmica da cobertura e uso das terras da Área de Influência Direta (AID) das áreas em estudos entre 1985 e 2020, atendendo a escala de 1:100.000. Na sequência, foram aplicadas técnicas de processamento digital em imagens do Sentinel-2 de 2021 para o mapeamento em nível de semidetalhe (escala de 1:50.000) do Limite das Bacias de Contribuição Direta (LBCD) dos reservatórios de ambas UHEs. Os dados secundários apontaram para uma nítida dinâmica da paisagem na AID da UHE Batalha entre 1985 e 2020, com supressão da cobertura vegetal e incorporação de atividades agropastoris. Para o caso de Itumbiara, percebe-se o uso das terras já consolidados, com predomínio de pastagens. No mapeamento de semidetalhe, observa-se na LBCD da UHE de Batalha maior proteção da cobertura vegetal, por Formações Savânicas, ao passo que as condições de uso da terra estão associadas, sobretudo, às culturas agrícolas. Junto à AID da UHE de Itumbiara evidencia-se a prevalência quase que majoritária de manejo da terra pela pastagem, com pouca proporção das áreas com proteção por cobertura vegetal florestal.

Palavras-chave: Uso e Cobertura do Solo, Usinas Hidrelétricas, Batalha, Itumbiara.

ABSTRACT

In the context of the surroundings of Hydroelectric Power Plants reservoirs, intrinsic changes in the coverage and use of the land can be seen. Thus, the aim is to develop a methodological proposal for mapping land cover and land use with progressive detailing for the context of the surroundings of hydroelectric power plants (UHEs) reservoirs, having as a case study the Batalha and Itumbiara HPPs. Therefore, initially, secondary data from the Mapbiomas Project were used to recognize the dynamics of the coverage and use of land in the Area of Direct Influence (AID) of the areas in studies between 1985 and 2020, taking into account a scale of 1:100,000. Next, digital processing techniques were applied to Sentinel-2 images from 2021 for the semi-detail level mapping (scale of 1:50,000) of the Direct Contribution Basin Boundary (LBCD) of the reservoirs of both HPPs. Secondary data pointed to a clear dynamics of the landscape in the AID of HPP Batalha between 1985 and 2020, with suppression of vegetation cover and incorporation of agropastoral activities. In the case of Itumbiara,

¹ Trabalho oriundo da pesquisa de mestrado realizado pelo primeiro autor, sob orientação do segundo autor, com financiamento de Eletrobras FURNAS.

² Mestrando do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Goiás (PPGEO-UEG) - GO, izaiasdesouzasilvaa@gmail.com

³ Professor Adjunto do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG) e Professor Permanente do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Goiás (PPGEO-UEG) - GO, diego_nascimento@ufg.br



the use of land is already consolidated, with a predominance of pastures. In the semi-detail mapping, it is possible to observe in the LBCD of the Batalha HPP greater protection of the vegetation cover, by savanna formations, while the conditions of land use are associated, above all, with agricultural crops. Along with the AID of the Itumbiara HPP, there is an almost majority prevalence of land management by pasture, with a small proportion of areas protected by forest vegetation cover.

Keywords: Land Use and Coverage, Hydroelectric Power Plants, Batalha, Itumbiara.

INTRODUÇÃO

As mudanças na cobertura e uso da terra são responsáveis por alterações funcionais e estruturais nas paisagens, intervindo sobre os processos ambientais em diferentes intensidades e escalas (ELLIS e PONTIUS, 2007). No contexto das bacias hidrográficas, especialmente daquelas onde se encontra o reservatório de uma Usina Hidrelétrica (UHE), percebe-se modificações intrínsecas na cobertura e uso da terra por conta de tais empreendimentos. Isto se dá, principalmente, pela própria implantação do reservatório alterar a dinâmica da cobertura e uso da terra em todo o seu entorno, mas também tanto na fase de construção dos reservatórios como também após a sua conclusão (CAMAPUM DE CARVALHO et al. 2015).

No entorno de reservatórios de UHEs, na maior parte das vezes as mudanças no uso e cobertura do solo podem ocorrer tanto pela incorporação de atividades agropecuárias (lavouras e pastagens plantadas) quanto pela construção de infraestruturas (estradas, cassas, sítios, entre outros). Uma das principais preocupações envolvendo tais alterações, está relacionada com a redução da cobertura vegetal natural e a ausência de práticas conservacionistas dos solos, que podem contribuir para geração, transporte e deposição de sedimentos no interior dos reservatórios e, conseqüentemente, comprometer a vida útil dos sistemas de geração de energia.

Frente a esse contexto, encontra-se em curso uma pesquisa de mestrado que tem por objetivo desenvolver uma proposta metodológica de mapeamento da cobertura e uso da terra com detalhamento progressivo para o contexto do entorno de reservatórios de Usinas Hidrelétricas (UHEs), tendo como estudo de caso as UHEs Batalha e Itumbiara.

A supracitada pesquisa se vincula a um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, intitulado “Modelagem em Diversas Escalas da Geração de Sedimentos em Erosões e o Aporte em Reservatórios de UHEs”, firmado a partir convênio entre a Eletrobrás Furnas e a Universidade Federal de Goiás (UFG), com contribuições da Universidade Estadual de Goiás (UEG), com financiamento por parte da primeira instituição. Dessa forma, o presente trabalho objetivou apresentar a proposta metodológica do mapeamento da



cobertura e uso da terra com detalhamento progressivo, assim como analisar e discutir os produtos e resultados alcançados até o presente momento.

Mapeamentos da cobertura e uso da terra, detalhados, atualizados e consistentes são indispensáveis à compreensão das diferentes alterações nas paisagens, seja a partir de processos naturais ou das ações antrópicas, constituindo desta forma um importante insumo aos gestores e tomadores de decisões (GOMES et al., 2019). Desta forma, a justificativa se volta principalmente ao fornecimento de insumos analíticos a respeito da forma e dinâmica de ocupação e exploração do solo no entorno dos reservatórios das UHEs, que podem proporcionar a proteção ou acentuar a desagregação, o transporte e a deposição de sedimentos nos mesmos, causando assim impactos negativos a estes empreendimentos.

APORTE TEÓRICO

Mapeamentos de cobertura e uso da terra

Desde o surgimento dos primeiros sistemas orbitais, uma grande quantidade de sensores, produtos e metodologias de processamento de imagens de satélite foi desenvolvida, testada e aplicada nos mapeamentos de cobertura e uso da terra (LILLESAD et al., 2008). Nesse sentido, a utilização do processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto, o aporte de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e a disponibilização de plataformas de processamento em nuvem têm-se destacado e contribuído de forma relevante na elucidação das intervenções humanas sobre a paisagem, subsidiando dados, informações e produtos capazes de auxiliar no planejamento e na gestão territorial, em diferentes recortes espaciais e temporais, e em distintas escalas de análise.

A escala de análise, orientada tanto pelo nível de detalhamento que se pretende alcançar quanto pela dimensão espacial do fenômeno em si (DE OLIVEIRA e ROMÃO, 2021); assim como a resolução espacial das imagens de satélite, que denota o tamanho individual do elemento de área imageada no terreno (MENEZES e ALMEIDA, 2012), são fatores notadamente relevantes nos mapeamentos da cobertura e uso da terra.

Nessa perspectiva, as imagens multiespectrais dos sensores MSI do Sentinel-2 e OLI do Landsat 8, por exemplo, com resolução espacial de 10 a 30 metros, respectivamente, são mais coerentes para estudos de semidetalhe (média escala), uma vez que contemplam escalas cartográficas variando de 1:50.000 a 1:150.000. Por sua vez, as imagens de Planet e as da banda pancromática do CBERS-4A, com resolução espacial de 3 e 2 metros, respectivamente, por apresentarem detalhes dos alvos, são capazes de atender mapeamentos em grande detalhe (grande escala), ao alcançarem escala de 1:15.000 – ou maiores.



Assim, a capacidade de identificação dos objetos da superfície na imagem de satélite (resolução espacial) deve ser coerente com a escala de representação do mapeamento (escala cartográfica), tendo em vista o nível de detalhamento que se pretende alcançar.

De maneira geral, no Brasil observa-se que os mapeamentos de cobertura e uso da terra têm sido realizados, essencialmente, em escala de reconhecimento, se valendo principalmente dos dados orbitais do programa *Landsat*, levando em consideração diferentes recortes espaciais, temporais, níveis hierárquicos de classificação/detalhamento da legenda, tendo em vista os diferentes Sistemas de Classificação.

Frente a esse contexto, convém elencar os mais consagrados programas de mapeamento e monitoramento da cobertura e uso da terra para o território brasileiro, em área contígua: o Projeto RadamBrasil, lançado em 1970; o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), implementado em 2004; o programa de Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra, realizado pelo IBGE (edição 2000, 2010, 2012, 2014, 2016 e 2018); o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomass), a partir de 2015; e mais recentemente, em 2019, o DATACUBE Brasil, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Tendo em vista a grande diversidade e volume de dados provenientes de sistemas sensores orbitais, tem-se a possibilidade de empregar diferentes dados, métodos, metodologias e técnicas de processamento digital de imagens de satélite, haja vista o detalhamento que se pretende alcançar com os mapeamentos da cobertura e uso da terra.

Mapeamento em detalhamento progressivo

Como anteriormente citado, o presente estudo objetiva prover uma metodologia de mapeamento da cobertura e uso da terra a partir da abordagem detalhamento progressivo inicialmente proposto por Cerri et al. (1996) no mapeamento geológico-geotécnico, e posteriormente implementado, adaptado e aplicado por Zaine (2000) e Colho (2015).

De acordo com Cerri et al. (1996), o método do detalhamento progressivo prevê três etapas de realização dos trabalhos. Isto é, o mapeamento para área em estudo ocorre em fases sucessivas, de maneira que cada etapa determina as áreas prioritárias ao mapeamento a ser contemplada na etapa subsequente, necessariamente, em escala de maior detalhe. Consoante aos autores, a primeira etapa (etapa geral ou de reconhecimento) apresenta o mapeamento regional na escala de 1:50.000 ou 1:25.000, mediante a compilação de dados de levantamentos realizados em diferentes escalas e com eventuais complementações, tendo em vista o reconhecimento e caracterização da área; enquanto a segunda etapa (etapa intermediária) representa o mapeamento de semidetalhe em escala de 1:25.000 ou 1:10.000,



mediante o detalhamento para áreas selecionadas a partir dos resultados da etapa anterior; e a terceira e última etapa (etapa de detalhe), por sua vez, compreende o mapeamento local em escala de 1:5.000, em localidades selecionadas para realização de estudos específicos.

Avaliando a eficiência do método do detalhamento progressivo, Zaine (2000) demonstra que o método do detalhamento progressivo se mostra coerente e metodologicamente viável quanto à sua aplicação. Nesse mesmo sentido, Coelho (2015) também apresenta a sistemática do método do detalhamento progressivo implementado pela realização do mapeamento regional na escala de 1:250.000; mapeamento de semidetalhe em escala de 1:100.000; e mapeamento de detalhe em escala de 1:10.000, demonstrando que o método também apresenta boa compatibilidade em relação a essas escalas.

METODOLOGIA

Contextualização das áreas em estudo

As áreas em estudo são representadas pelas Áreas de Influência Direta (AID)⁴ das UHEs Batalha e Itumbiara, situadas, respectivamente, na porção leste e sudeste do estado de Goiás, na divisa com o estado de Minas Gerais (Figura 1). A área de influência direta da UHE de Batalha possui uma área de 5.156 km² e contempla três (3) municípios, sendo eles Cristalina-GO, Paracatu-MG e Unaí-MG; enquanto que a área de influência direta da UHE de Itumbiara representa uma área de 7.296 km² e compreende dezoito (18) municípios, sendo treze (13) municípios do estado de Goiás, e cinco (5) do estado de Minas Gerais.

O reservatório da UHE Itumbiara se forma a partir dos afluentes das bacias hidrográficas do Rio Corumbá e do Rio São Marcos, enquanto o reservatório da UHE Batalha tem contribuição apenas da segunda, formada pelo represamento do Rio São Marcos.

Geomorfologicamente, as áreas em estudo estão situadas sobre planaltos formados a partir de cinturões orogênicos da Faixa Brasília, marcados pela ocorrência de relevos ondulados, com predomínio das seguintes classes de solos: cambissolos, latossolos e argissolos; sendo esses solos muito utilizados na implementação de atividades agropecuárias, com destaque para as atividades agrícolas.

Considerando a classificação climática de Köppen-Geiger (1961), o clima predominante na região em apreço pertence à tipologia Aw, que retrata um clima tropical com

⁴ A área de influência direta (AID) foi delimitada a partir da bacia hidrográfica à montante da barragem da UHE, sendo desconsideradas as bacias de contribuição à montante de reservatórios e barramentos, uma vez que estes são capazes de reterem sedimentos e o próprio fluxo superficial de água.



chuvas de verão. Um aspecto importante dessa tipologia é a sazonalidade das chuvas, concentradas especialmente entre os meses de outubro e março.

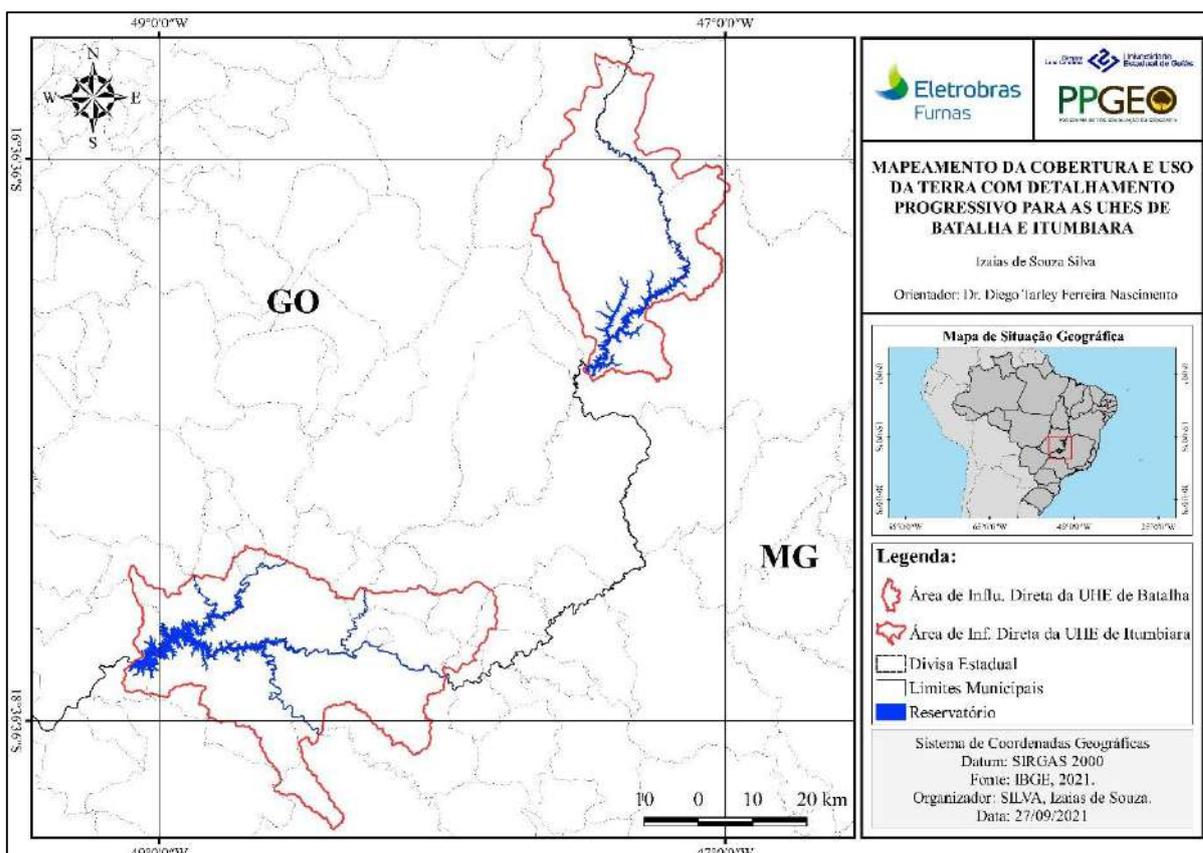


Figura 1 – Mapa de localização das áreas em estudo.
Fonte: IBGE (2021). Org.: SILVA, Izaias de Souza.

Enquanto a região compreendida pela UHE de Batalha retrata domínio de fitofisionomias campestres e savânicas, típicas da vegetação do Cerrado, na região da UHE de Itumbiara percebe-se presença de formações florestais, relacionadas ao bioma da Mata Atlântica.

Procedimentos metodológicos

Tendo em vista prover uma proposta metodológica de mapeamento da cobertura e uso da terra para o entorno dos reservatórios de Usinas Hidrelétricas, com detalhamento progressivo, tem-se como escopo inicial o uso de dados secundários para o diagnóstico e reconhecimento da dinâmica da cobertura e uso das terras, atendendo a escala de 1:100.000.

Nesse sentido, foram empregados dados provenientes dos mapeamentos anuais do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas), do período de 1985 a 2020 e para o recorte espacial referente às AID das UHEs Batalha e Itumbiara. Os dados foram adquiridos mediante acesso à plataforma de programação em nuvem do *Google Earth Engine* (GEE), onde consultou-se a coleção mais atual (6.0) do



repositório MapBiomas *User Toolkit* e efetuou-se o *download*. De posse dos mesmos, criou-se um banco de dados georreferenciados em ambiente SIG, especificamente, fazendo uso do *software* livre e de código aberto QGIS, versão 3.16 (Hannover), pelo qual procedeu-se com rotinas de processamento (reprojeção, recorte, vetorização e extração das estatísticas das classes temáticas).

Na sequência, prosseguiu-se para a segunda etapa dentro do escopo da proposta metodológica de mapeamento da cobertura e uso da terra com detalhamento progressivo, com a aplicação de técnicas de processamento digital de imagens registradas pelo sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI), *Level 2A*, abordo do satélite Sentinel-2, com 10m de resolução, para atender a escala de semidetalhe (1:50.000). As imagens foram compiladas, gratuitamente, pelo catálogo de dados do *Copernicus*, da *European Space Agency* (ESA).

Considerando que uma das premissas do método de detalhamento progressivo é que a partir dos resultados da primeira etapa (reconhecimento) possa ser concebido um novo recorte espacial a ser trabalhado no desenvolvimento da etapa subsequente (de semidetalhe), nesta etapa passaram a ser consideradas como áreas em estudo os Limites das Bacias de Contribuição Direta (LBCD) dos reservatórios de ambas as UHEs, contemplando subbacias de menores ordens mais próximas ao reservatório, até por volta de 5 km a partir da borda do reservatório. Além disso, o mapeamento serviu especialmente para diagnóstico da condição de proteção da cobertura do solo e do manejo do solo por atividades agropastoris.

O acesso e processamento das imagens do Sentinel-A se deu em nuvem, a partir da plataforma *Google Earth Engine*. O recorte temporal compreendeu o mês de julho de 2021, por ser um mês considerado seco e com pouca interferência de nuvens para área em estudo. Ao todo, foram encontradas 36 imagens, das quais 11 atenderam ao critério de cobertura de nuvem <9%, sendo selecionadas para construção do mosaico após utilizar o redutor mediana, além da utilização de algoritmos que removem possíveis ocorrência de nuvens e pixels que representam sombras, possibilitando assim uma melhoria substancial na qualidade do mosaico, estando estes algoritmos disponíveis no próprio repositório do *Google Earth Engine*.

Na classificação foi empregado o algoritmo *Random Forest*, sendo coletadas um total de 1235 amostras, no contexto de ambas às áreas em estudo, das quais 370 (30%) foram reservadas apenas para a etapa de validação da classificação.

Afim de melhor discriminar os diferentes tipos de cobertura e uso da terra, implementou-se à classificação supervisionada três índices espectrais, sendo eles: *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e *Normalised Difference Water Index* (NDWI), propostos por Rouse *et. al.* (1974), Justice *et al.* (1998), e



McFeeters (1996), respectivamente. Os índices espectrais são descritos a partir das seguintes equações:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad EVI = G \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + C1 + \rho_{RED} - C2 \rho_{Blue} + L)} \quad NDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{NIR}}{\rho_{Green} + \rho_{NIR}}$$

Em que:

ρ_{NIR} = Reflectância na Banda do Infravermelho Próximo;

ρ_{RED} = Reflectância na Banda do Vermelho;

ρ_{Blue} = Reflectância na Banda do Azul;

ρ_{Green} = Reflectância na Banda do Verde;

G = Fator de ganho;

L = Fator de ajuste para componentes abaixo do dossel (no solo);

C1 e C2 = Coeficientes de ajuste para resistência dos efeitos da atmosfera.

De modo sucinto, o fluxograma indicado pela Figura 2 demonstra as principais atividades empenhadas na classificação supervisionada das imagens Sentinel-2 para se atender a etapa intermediária e de semidetalhe do mapeamento da cobertura e uso da terra em detalhamento progressivo para as UHEs Batalha e Itumbiara, com a demonstração do recorte espacial considerado, referente ao LBCD dos reservatórios de ambas UHEs.

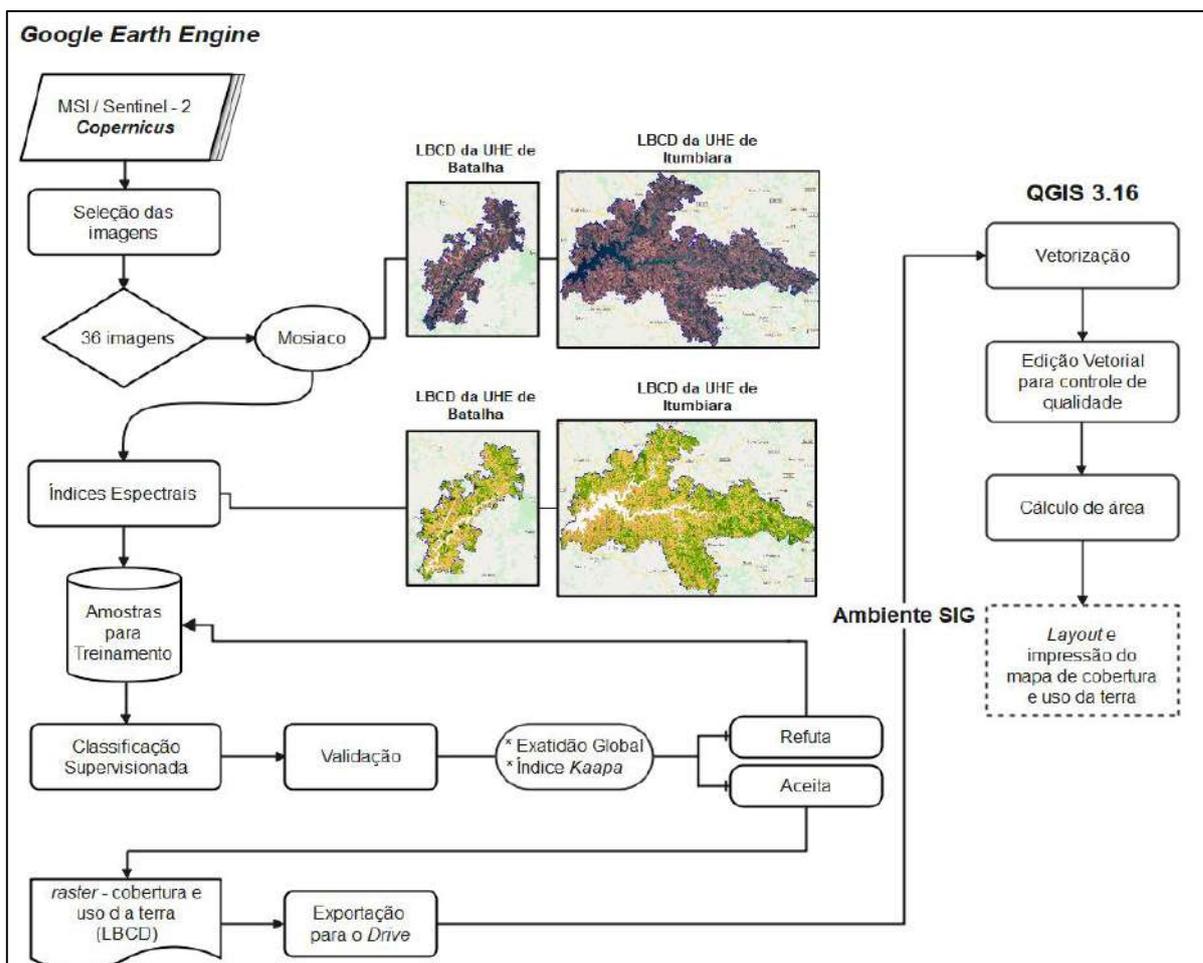


Figura 2 – Fluxograma dos procedimentos empregados na classificação digital das imagens de satélite.

Fonte: IBGE (2021). Org.: SILVA, Izaias de Souza.



Por fim, a etapa sucessiva e final do mapeamento em detalhamento progressivo ainda será implementada e consistirá na adoção de um menor recorte espacial, relacionado às Bordas Imediatas de até 30 m a partir da cota máxima do nível de água dos reservatórios das UHEs (BI), e no emprego de imagens do satélite Planet (de 3 metros), para o mapeamento da cobertura e uso da terra em nível de detalhe, isto é, atendendo a escala de 1:10.000. Além da classificação supervisionada, as imagens Planet também servirão para o levantamento de outros índices espectrais, e também serão incorporados aos mapeamentos da cobertura e uso da terra de detalhe os dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SISCAR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento de Reconhecimento (1:100.000) da AID do reservatório da UHE Batalha

A partir dos dados secundários provenientes do MapBiomass, elaboraram-se mapas de cobertura e uso da terra da AID da UHE de Batalha para os anos de 1985 e 2020 (Figura 3). Considerando o mapa de cobertura e uso da terra referente ao ano de 1985, percebe-se o predomínio de coberturas vegetais naturais (66%), que se relacionam, sobretudo, às áreas de Formações Campestres (37,9%) e Formações Savânicas (18,9%), com pouca presença de Formações Florestais (6,8%). No que diz respeito às coberturas e aos usos antrópicos, estes se associam principalmente às pastagens (15,6%), com presença também significativa de áreas com mosaico de agricultura e pastagem (12,5%), e pouca proporção de atividades agrícolas (5,2% - considerando a soja, o café e as outras lavouras temporárias).

Por sua vez, para o ano de 2020, isto é, 36 anos após o primeiro período de observação (1985) e seis anos após o enchimento do reservatório (2014), se observa que passam a predominar na AID as classes associadas às atividades antrópicas, ocupando 65,7% da área em estudo – principalmente relacionada ao cultivo de soja (38,5%), com a pastagem em segundo lugar de proporção (18,4%). Neste ano, as coberturas naturais representam apenas 34,3% da AID da UHE Batalha, especialmente representadas pelas formações campestre (14,4%) e savânica (10,8%).

Uma característica importante da agricultura desenvolvida mais recentemente na região onde está situada a área de influência direta da UHE de Batalha é o modelo extensivo-intensivo, sendo intensivo não só em relação ao uso da terra, mas também da água, com a prática de irrigação por pivôs centrais. Nesse sentido, cita-se o exemplo do município de Cristalina – GO, que em 2015 respondia por aproximadamente 24% da área irrigada de todo o estado de Goiás (PEREIRA JÚNIOR; FERREIRA; MIZIARRA, 2015), sendo considerado

um dos municípios goianos com maior densidade e unidade de área irrigada por pivôs centrais (SANTOS *et al.* 2019).

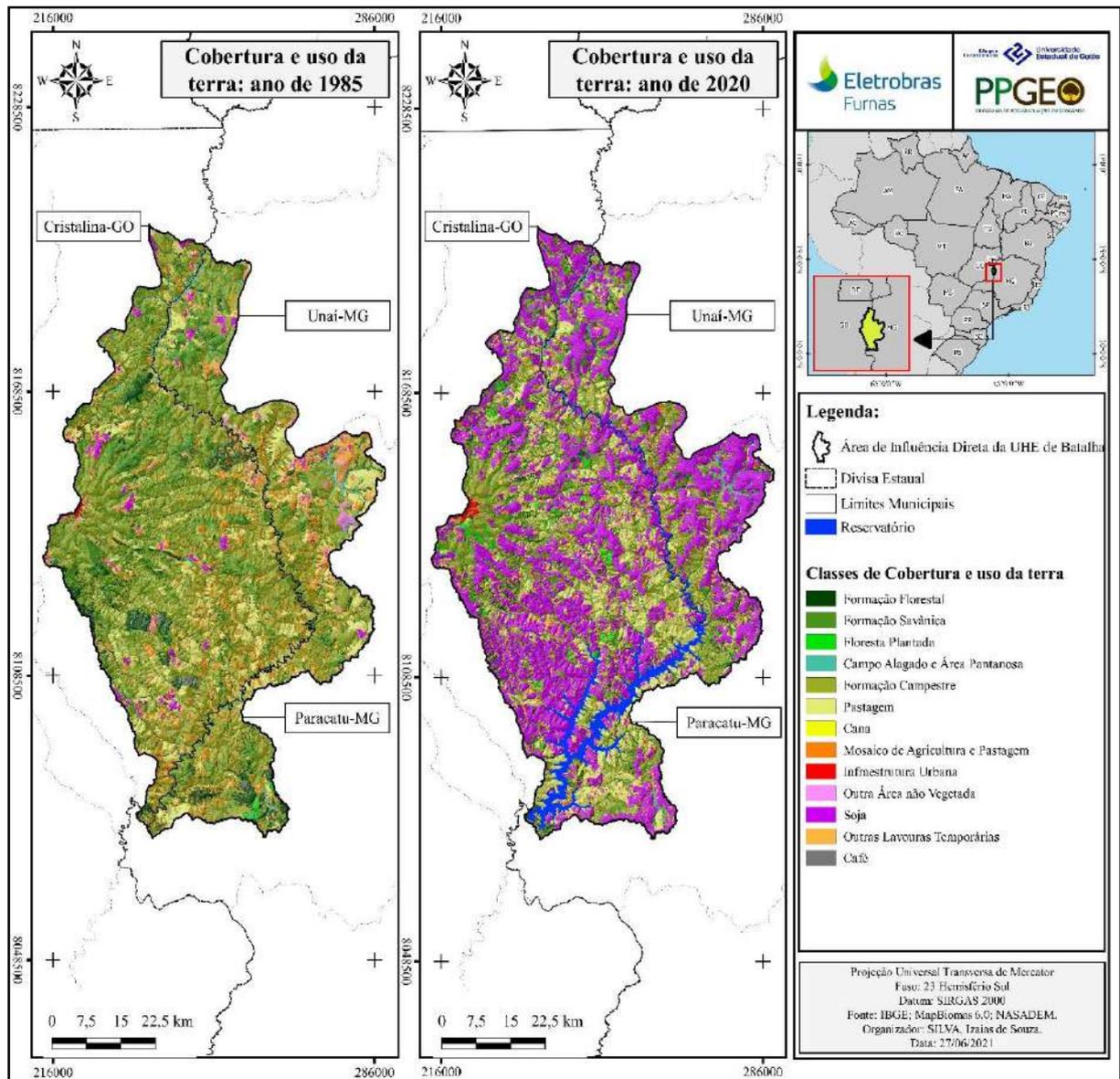


Figura 3: Mapa da cobertura e uso da terra da AID do reservatório da UHE Batalha (1985 e 2020)

Fonte: IBGE; MapBiomias; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza.

O Gráfico 1 mostra a dinâmica espaço-temporal das classes de cobertura e uso da terra na área de influência direta da UHE de Batalha entre 1985 e 2020, sendo possível notar o contínuo aumento da agricultura (sendo incorporadas as classes de soja, cana, outras lavouras temporárias e café) que, em 1985, representava apenas 5,2%, e passa a representar 40,8% da região em 2020 – esse incremento é incisivo, principalmente, até o ano de 2004, posteriormente apresentando um crescimento mais moderado, apesar de contínuo.

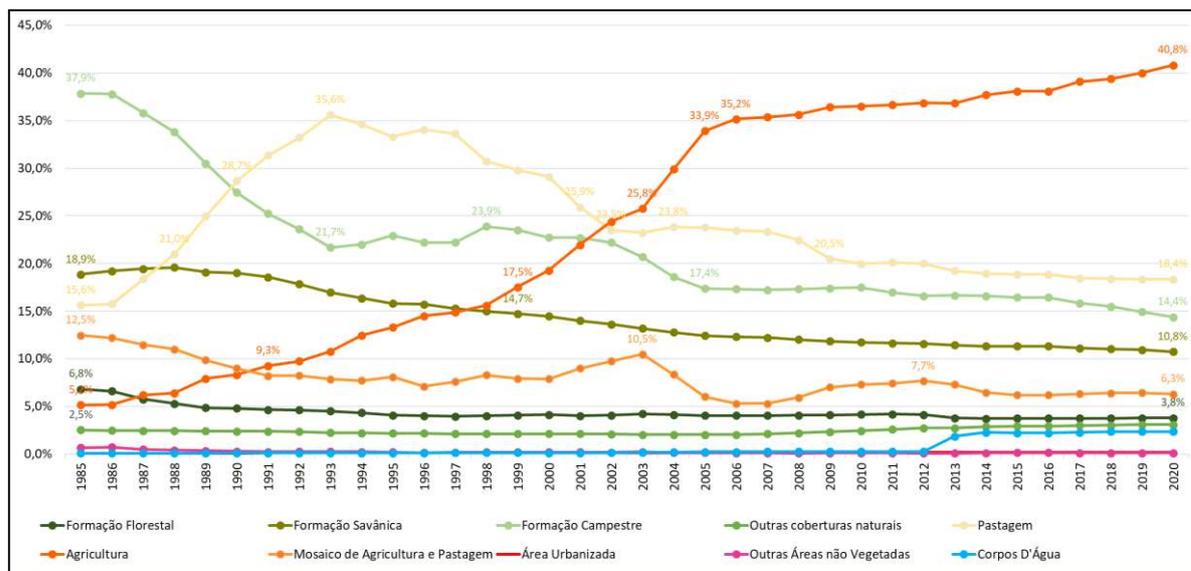


Gráfico 1 – Dinâmica da cobertura e uso da terra na AID da UHE de Itumbiara (1985-2020)

Fonte: MapBiomas (coleção 6). Org.: Os autores.

Ao longo dos 36 anos analisados, observa-se a redução e fragmentação da vegetação campestre e savânica, sendo que a primeira respondia por 37,9% da área de influência direta da UHE de Batalha em 1985, reduzida a apenas 14,4% da área, em 2020, e a segunda demonstrando uma redução mais tímida, de 18,9% para 10,8% entre os 36 anos.

Importante observar a dinâmica das pastagens na área em apreço, uma vez que essa atividade representava 15,6% em 1985, apresentou um vertiginoso incremento até 1993, quando respondeu a 35,6% da área, e, desde então, demonstrou um contínuo decréscimo, alcançando os 18,4% da área em 2020. Até o ano de 2002, essa atividade predominava entre os usos antrópicos, quando passou a dar margem para as atividades agrícolas. Dessa forma, pode-se supor que até o ano de 1993, as áreas de formação campestre eram convertidas para áreas, principalmente, de pastagem, mas também para áreas agrícolas. Depois deste período, possivelmente, as áreas ocupadas por pastagens paulatinamente deram espaço ou foram incorporadas pelas atividades agrícolas, especialmente ao cultivo de soja

Destaque também deve ser dado ao incremento da classe de corpo hídrico entre 2012 e 2013, período em que houve o barramento do Rio São Marco e enchimento do reservatório da UHE de Batalha.

Mapeamento de Semidetalhe (1:50.000) para LBCD da UHE Batalha

A partir do processamento digital das imagens do satélite Sentinel-2, a Figura 4 demonstra o mapeamento da cobertura e uso da terra em nível de semidetalhe (1:50.000) para os Limites das Bacias de Contribuição Direta (LBCD) da UHE Batalha em 2021. Pela própria plataforma do *Google Earth Engine*, extraiu-se acurácia global da classificação, atendendo o



valor de 0.96, ao passo que o coeficiente *Kaapa* foi de 0.93, evidenciando assim um bom desempenho por parte do algoritmo.

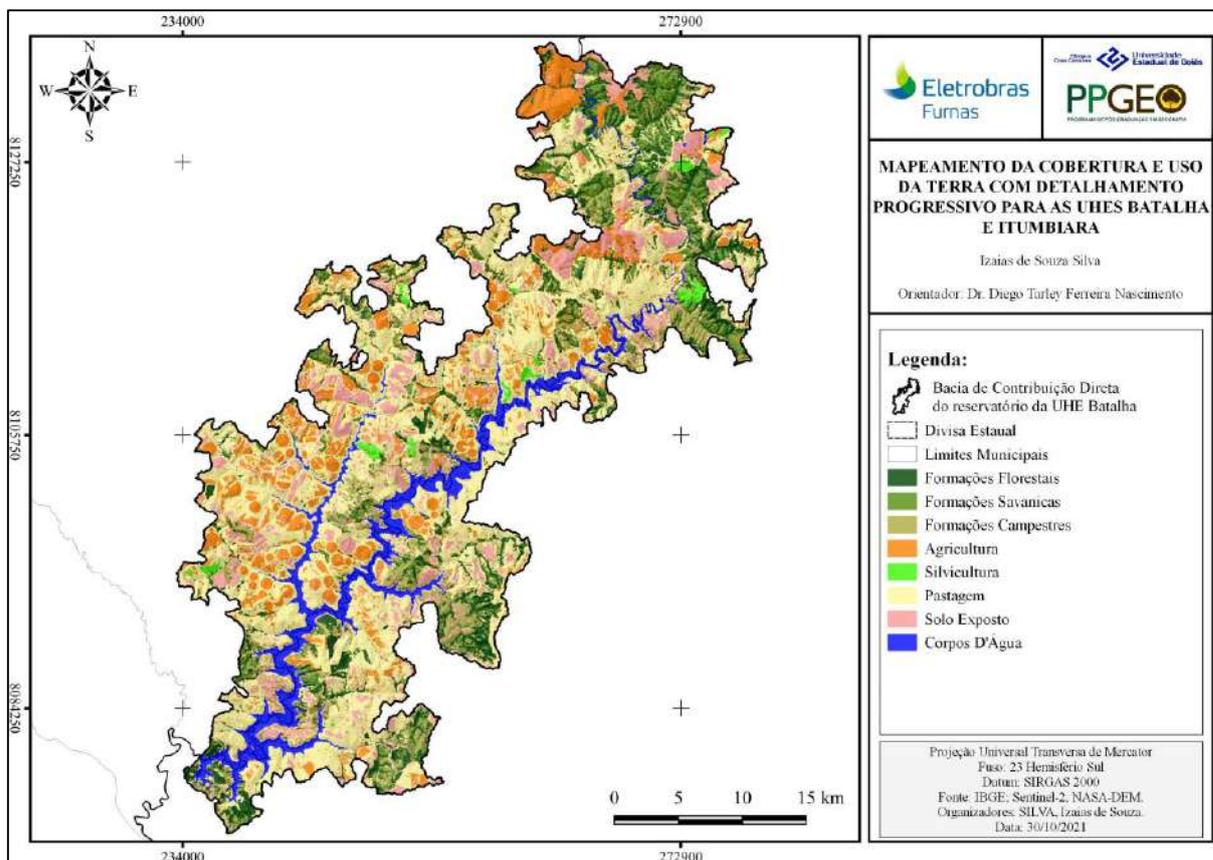


Figura 4: Mapa da cobertura e uso da terra do LBCD do reservatório da UHE Batalha (2021).

Fonte: IBGE; NASADEM; Sentinel-2. Org.: SILVA, Izaias de Souza.

No que diz respeito às condições de proteção da LBCD da UHE de Batalha, observa-se que esta mostra-se relacionada, principalmente, ao revestimento de vegetação de Formações Savânicas, ao passo que as condições de uso da terra estão associadas, sobretudo, a áreas de uso na agricultura.

As áreas de solo exposto, em sua grande maioria, configuram principalmente áreas em pousio, isto é, áreas onde a colheita das culturas já foi efetivada e as terras estão sendo preparadas para novo plantio, compreendendo assim áreas de uso nas atividades agrícolas, com mudanças interanuais. Nesse mesmo sentido, parte significativa das áreas agrícolas compreendem áreas onde a agricultura ocorre por irrigação, mediante a técnica de irrigação por pivô central.

Mapeamento de Reconhecimento (1:100.000) da AID do reservatório da UHE Itumbiara

O mapeamento em nível de reconhecimento da cobertura e uso da terra na AID da UHE Itumbiara representado pela Figura 5 demonstra já em 1985 um uso bastante

consolidado, com predomínio de atividades antrópicas, perfazendo 66% da área em apreço, especialmente relacionadas às pastagens (56,1%), condição bem diferente do que foi observado na AID do reservatório da UHE Batalha, que apresentou predomínio das coberturas naturais no primeiro ano de análise.

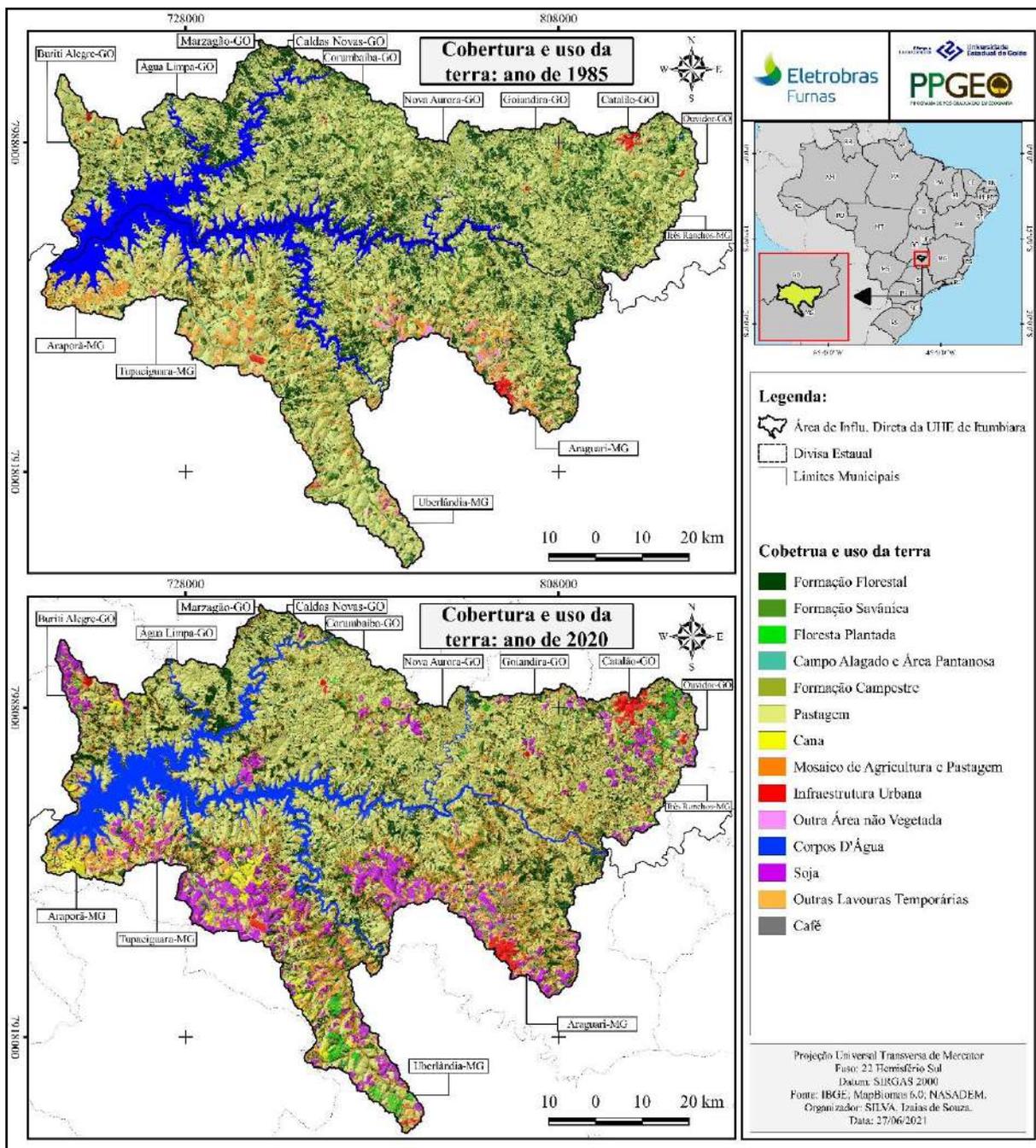


Figura 5: Mapa da cobertura e uso da terra da AID do reservatório da UHE Itumbiara (1985 e 2020).

Fonte: IBGE; MapBiomias; NASADEM. Org.: SILVA, Izaias de Souza.

Com ocorrência principalmente de pastagens extensivas, voltadas sobretudo à criação de bovinos, e de atividades agrícolas (9,1%), com destaque para a cultura da soja, em 1985 as



coberturas naturais representam apenas cerca de 34% da AID da UHE Itumbiara, associadas a Formação Florestal (18,8%), Corpos D'Água (10%) Formação Savânica (4,5%).

No ano de 2020, percebe-se a manutenção do predomínio do uso da terra por pastagem, apesar de um pequeno decréscimo, para 44,6% do total da AID da UHE Itumbiara. Por sua vez, as áreas ocupadas por agricultura triplicam na região, passando a representar 26,3% da área, com relação aos 9% em 1985 – isso ao serem consideradas as classes de cana, soja, café, outras lavouras temporárias e mosaico de agricultura e pastagem.

Como reflexo deste aspecto, percebe-se uma sutil diminuição das coberturas vegetais na AID da UHE Itumbiara, como, por exemplo, das Formações Florestais que diminuem de 18,8% para 14,8% – Gráfico 2.

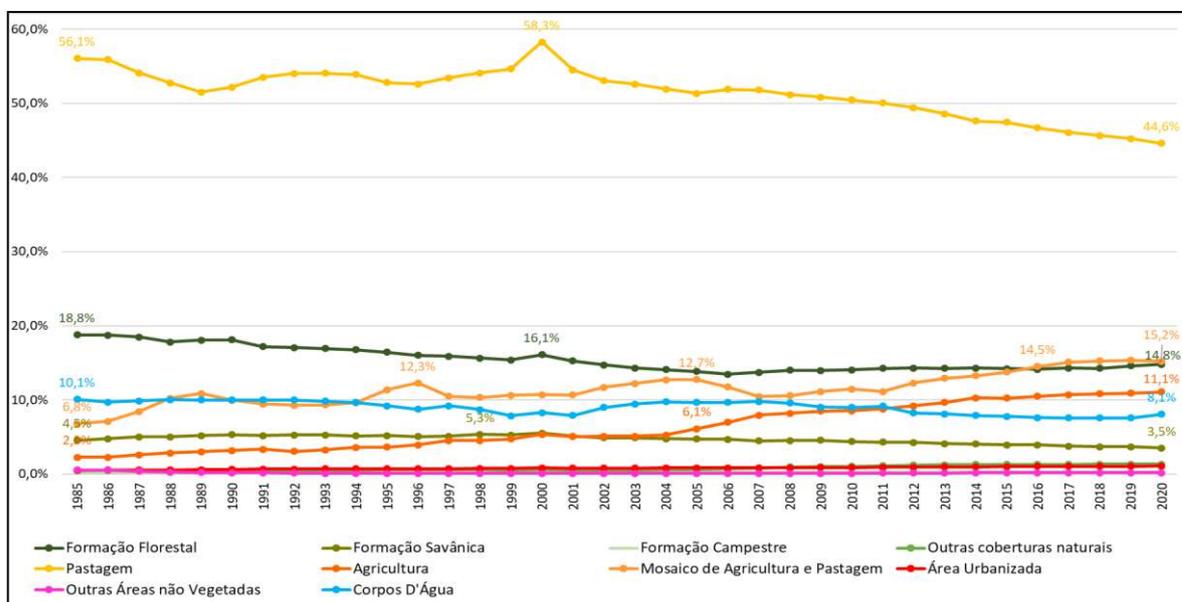


Gráfico 2 – Dinâmica da cobertura e uso da terra na AID da UHE de Itumbiara (1985-2020).

Fonte: MapBiomias (coleção 6). Org.: Os autores.

Apesar da irrisória mudança, convém também destacar a diminuição da proporção ocupada pela classe de corpos hídricos na área de influência direta da UHE de Itumbiara, de 10,1%, em 1985, para 8,1%, em 2020 – o que pode apontar para redução do reservatório da UHE de Itumbiara, diante de um contexto nacional de diminuição dos níveis de água dos reservatórios de Usinas Hidrelétricas, associado pela redução das chuvas nos últimos anos, conforme apontado por Gomes (2020).

Assim, diferentemente do que ocorre no contexto da UHE de Batalha, na qual observa-se uma acentuada dinâmica da paisagem, com destituição das coberturas vegetais naturais para implementação das atividades agrícolas, principalmente para o cultivo de soja, na área de influência direta da UHE de Itumbiara percebe-se um uso já consolidado das terras desde o



período inicial de análise (1985), com predomínio de pastagens extensivas voltadas principalmente à manutenção do rebanho bovino.

Mapeamento de Semidetalhe (1:50.000) para LBCD do reservatório da UHE Itumbiara

O mapeamento em nível de semidetalhe (1:50.000) da LBCD da UHE de Itumbiara é representado pela Figura 6 a seguir, pela qual evidencia-se prevalência quase que majoritária de manejo da terra pela pastagem. Apesar da menor proporção das áreas com proteção por cobertura vegetal, destaca-se que a mesma é desempenhada por formações florestais, que oferecem maior proteção da superfície ao impacto da água das chuvas e, conseqüentemente, à deflagração do processo erosivo.

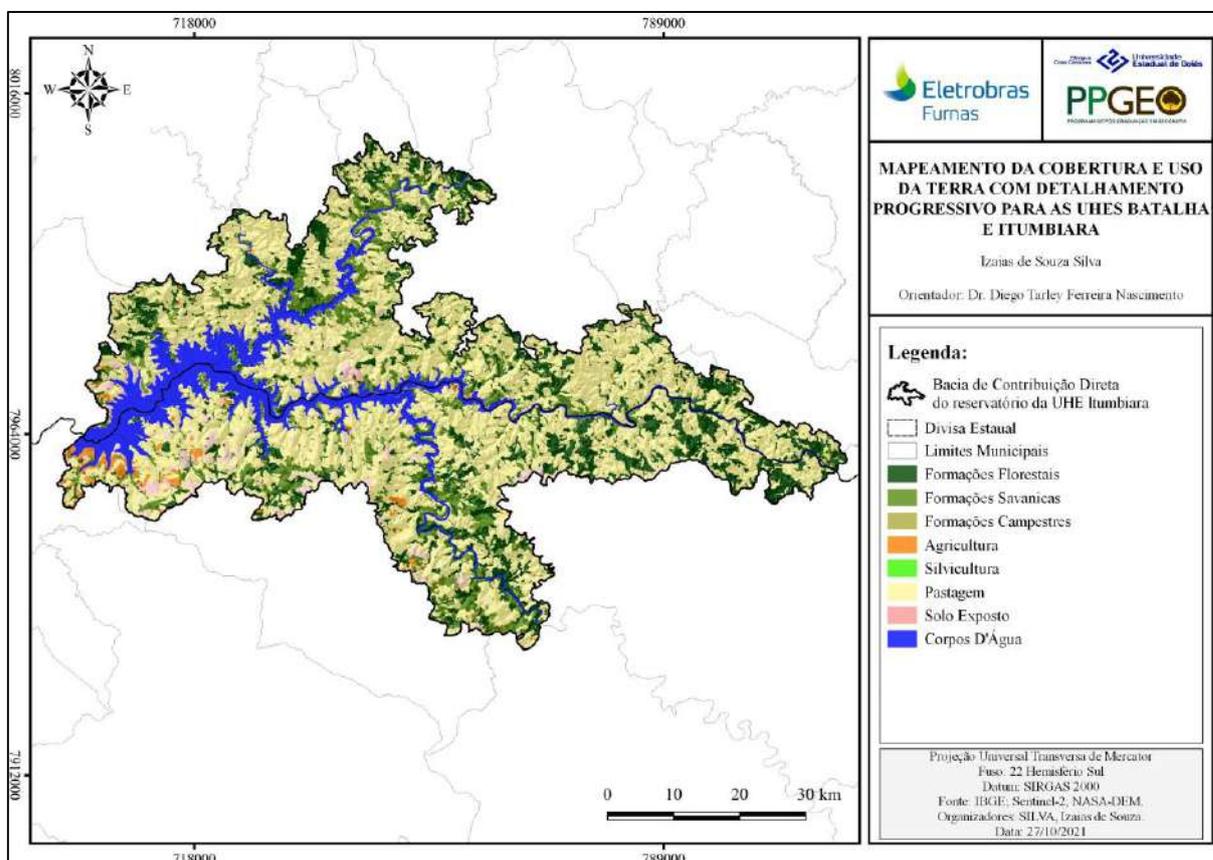


Figura 6: Mapa da cobertura e uso da terra do LBCD do reservatório da UHE Batalha (2021).

Fonte: IBGE; NASADEM; Sentinel-2. Org.: SILVA, Izaias de Souza.

Destaca-se que a acurácia global da classificação foi de 0.89, com coeficiente *Kappa* de 0.91, o que denota um bom desempenho do algoritmo, tanto no mapeamento do LBCD de Batalha quanto para o caso de Itumbiara.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o ensejo de prover uma metodologia de mapeamento da cobertura e uso da terra em detalhamento progressivo, no presente trabalho foram empregados, inicialmente, dados cartográficos de fontes secundários do Projeto Mapbiomas para reconhecimento da situação pretérita (1985) e mais atual (2020) da apropriação do espaço, na escala de 1:100.000.

Os dados apresentados evidenciam uma nítida dinâmica da cobertura e do uso das terras na AID da UHE Batalha, com sucessiva supressão da cobertura vegetal para implantação de atividades agropastoris. Para o caso da AID da UHE Itumbiara, o que se percebe é o uso das terras já consolidados, com predomínio de pastagens.

Em segunda instância, a partir do processamento digital de imagens do satélite Sentinel-2 de junho de 2021, foi levantada a condição da cobertura e uso da terra em nível de semidetalhe, isto é, em 1:50.000. No que diz respeito às condições de proteção da LBCD da UHE de Batalha, observa-se que esta mostra-se relacionada, principalmente, ao revestimento de vegetação de Formações Savânicas, ao passo que as condições de uso da terra estão associadas, sobretudo, a áreas de uso na agricultura. Junto à AID da UHE de Itumbiara evidencia-se a prevalência quase que majoritária de manejo da terra pela pastagem, com pouca proporção das áreas com proteção por cobertura vegetal florestal.

Por fim, destaca-se que os produtos analíticos derivados de mapeamentos da cobertura e uso da terra se destacam como importante insumo ao planejamento regional e ambiental. Doravante uma proposta de detalhamento progressivo, tais mapeamentos são capazes de suprir informações detalhadas e atuais, para prognósticos e formulações de medidas de manejo e proteção do solo frente à desagregação, transporte e deposição de sedimentos nos reservatórios das UHEs, processo este que tende a causar impactos negativos na vida útil dos sistemas e na geração de energia hidrelétrica.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, intitulado “Modelagem em Diversas Escalas da Geração de Sedimentos em Erosões e o Aporte em Reservatórios de UHEs” - PD-0394-1705/2017, regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, desenvolvido pela Eletrobras FURNAS e pela Universidade Federal de Goiás, com colaboração da Universidade Estadual de Goiás. Os



autores agradecem pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; LELIS, A. C.; SALES, M. M.; MASCARENHA, M. M. D. A.; ANGELIM, R. R.; PEREIRA, L. M. **Erosão de bordo de reservatório: cartilha do projeto de pesquisa “Monitoramento e estudo de técnicas alternativas na estabilização de processos erosivos em reservatórios de UEHs”**. GECOM/UFG, Goiânia-GO, vol. 1, 2015, 53p.

CERRI, L. E. S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINÉ, J. E. (1996). Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e a proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 8., Rio de Janeiro, 1996. **Anais**..Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p. 537-548.

COELHO, J. O. M. **Mapeamento geológico-geotécnico pelo método de detalhamento progressivo: aplicação no planejamento e gestão de obras rodoviárias**. 2015. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

DE OLIVEIRA, I. J.; ROMÃO, P. A. As escalas da Geografia: pontes entre os conceitos de escala cartográfica e escala geográfica. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 41, p. 1-23, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/65735>. Acesso em: 31 de Ago. 2021.

ELLIS, E.; PONTIUS, R. Land-use and land-cover change. In: **Encyclopedia of Earth**. Cutler J. Cleveland (Washington, D. C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment), 2007. Disponível em: https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Main_Page. Acesso em: 10 Fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (**IBGE**). Estimativa da População. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>. Acesso em: 10 Set. 2021.

MACDICKEN, K. Global Forest Resources Assessment 2015: What, why and how?. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 3-8, 2015.

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. (org.). **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1ª Ed. Brasília: CNPQ, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332292728_INTRODUCAO_AO_PROCESSAMENTO_DE_IMAGENS_DE_SENSORIAMENTO_REMOTO. Acesso em: 25 Dez. 2020.

MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169608948714>. Acesso em: 10 Jan. 2021.



GOMES, L.; SIMÕES, S. J. C.; DALLA NORA, E. L.; DE SOUSA-NETO, E. R.; FORTI, M. C.; OMETTO, J. P. H. B. Agricultural Expansion in the Brazilian Cerrado: Increased Soil and Nutrient Losses and Decreased Agricultural Productivity. **Land**, v. 8, n. 12, p. 1-26, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/8/1/12>. Acessado em: 12 Fev. 2020.

GOMES, R. dos S. **Influência da variabilidade climática nos volumes dos reservatórios do Nordeste do Brasil**. 2020. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/31243> Acesso em: 10/09/2021

JUSTICE, C. O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R. G.; DEFRIES, R.; ROY, D. P.; HALL, D. K.; SALOMONSON, V. V.; PRIVETTE, J. L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A.; LUCHT, W.; MYNENI, R. B.; KNYAZIKHIN, Y.; RUNNING, MULLER, J.; LEWIS, P.; BARNESLEY, M. J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, p.1228-1249, 1998. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/701075?casa_token=0Et5PERObrIAAAAA:T3PJceBuw1N2Dk9hE1zZpMvwC5F_m8ShtXxfQKzymwyxbYkLo9Euo4Bme23VVbdPJS9cdiRuRWA. Acesso em: 19 Mai. 2021.

LAMBIN, E. F.; TURNER, B. L.; GEIST, H. J.; AGBOLA, S. B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P. S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E. F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P. S.; RICHARDS, J. F.; SKANES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G. D.; SVEDIN, U.; VALDKAMP, T. A.; VOGEL, C.; XU, J. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths, **Global Environmental Change**, v. 11, p. 261-269, 2001.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions, **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 205-248, 2003.

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

MACDICKEN, K. Global Forest Resources Assessment 2015: What, why and how?. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 3-8, 2015.

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 Dez. 2020.

PEREIRA JÚNIOR, L. C.; FERREIRA, N. C.; MIZIARA, F. A expansão da irrigação por pivôs centrais no estado de Goiás (1984-2015). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 323-341, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v37i2.49158>



SANTOS, T. G. P.; DA SILVA, R. M. D.; BOGGIONE, G. de A.; DA SILVA, A. M. S. Mapeamento de pivôs centrais de irrigação em Cristalina – GO utilizando séries temporais. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2019, Santos. **Anais** [...]. Santos: INPE, 2019. p. 2937-2940.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, n. 3, 1974, Washington. **Proceeding**. Washington: NASA, p.309-317, 1974.

ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaios de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.