



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE BARRAGEM E GESTÃO AMBIENTAL – PEBGA

RENATA ALBUQUERQUE DA SILVA

**DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA COMUNIDADE ÁGUA
FRIA NA RDS ALCOBAÇA EM TUCURUÍ-PA.**

TUCURUÍ
2021

RENATA ALBUQUERQUE DA SILVA

**DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA COMUNIDADE ÁGUA
FRIA NA RDS ALCOBAÇA EM TUCURUÍ-PA.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental – PEBGA, do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia – UFPA, como requisito necessário para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental.

Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Bruno Spacek Godoy

TUCURUÍ
2021

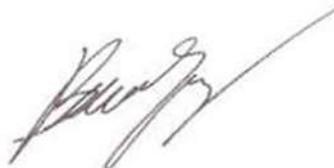
RENATA ALBUQUERQUE DA SILVA

**DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA COMUNIDADE ÁGUA
FRIA NA RDS ALCOBAÇA EM TUCURUÍ-PA.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental – PEBGA, do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia – UFPA, como requisito necessário para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental.

APROVADO EM: 27 / 12 / 2021

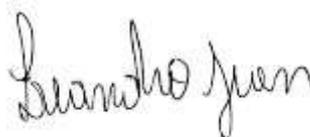
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Bruno Spacek Godoy (Orientador)
PEBGA/UFPA



Junior Hiroyuki Ishihara (Examinador Interno)
PEBGA/UFPA



Leandro Juen (Examinador Externo)
ICB/UFPA

TUCURUÍ
2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e a todos aqueles que acreditam que a educação é transformadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois sem sua permissão eu não teria chegado até aqui. Sua proteção e graça foram fundamentais na minha jornada.

À minha família, em especial minha esposa Elaine Veiga que sempre me apoiou e incentivou, que permaneceu acordada ao meu lado nas madrugadas que antecederam este momento e, principalmente, por não me deixar desistir quando tudo parecia impossível.

Ao nosso filho Vitor Hugo, que sempre abraçou meus sonhos e torceu pelas minhas conquistas. Ao Costela e Bruce que encheram meus dias de ternura.

Aos meus pais que desde sempre lutaram comigo e se esforçaram para que eu tivesse condições de realizar meus sonhos, sempre aplaudindo minhas vitórias e compreendendo meus dias de ausência.

Ao meu orientador, Bruno Spacek Godoy, que além de orientador se tornou um amigo. Sempre muito compreensível, paciente e solícito. Um verdadeiro exemplo de profissional e ser humano.

Ao professor Moacir José Moraes Pereira que deu contribuições significativas e importantes para a elaboração deste trabalho, com atenção e gentileza.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e a conclusão de mais esta etapa importante em minha vida.

Grata sou por tudo que passei para concluir este trabalho, pois os aprendizados foram diversos, intensos e importantes.

“Mergulha a mente, quanto possível, no estudo.

O estudo liberta da ignorância e favorece a
criatura com o discernimento.

O estudo e o trabalho são as asas que facilitam
a evolução do ser.

O conhecimento é mensagem de vida.

Não apenas nos educandários podes estudar.

A própria vida é um livro aberto, que ensina
a quem deseja aprender”.

Joana de Ângelis

RESUMO

A Usina Hidrelétrica de Tucuruí possui grande importância socioeconômica e ambiental para a região sudeste do Pará, em decorrência da formação de seu lago artificial, resultando em mudanças na cobertura vegetal e perda da biodiversidade. Este estudo busca compreender as dinâmicas de alteração da cobertura vegetal ocorridas na Comunidade Água Fria, RDS Alcobaça, após o enchimento do Reservatório de Tucuruí, possibilitando compreender as alterações decorrentes do desmatamento e subsidiar propostas de intervenções. Foram empregadas técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) divididas em etapas: aquisição de imagem Landsat 8, Landsat 7 e Landsat 5; combinação de bandas espectrais (Banda 3 e Banda 4) e correção atmosférica; cálculo NDVI, produção de mapas e análise estatística. Para obtenção das imagens orbitais utilizou-se a plataforma digital U.S.G.S., nos meses de julho, agosto e setembro, no período de 1990 à 2020, com intervalos de dois anos. O valor de NDVI não apresentou relação com o passar dos anos, indicando que durante os anos analisados não houve redução significativa na cobertura vegetal sobre o solo na comunidade Água Fria, na RDS Alcobaça

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. SIG. Água Fria. Cobertura vegetal. Reservatório da UHE de Tucuruí.

ABSTRACT

The Tucuruí Hydroelectric Power Plant has great socioeconomic and environmental importance for the southeast region of Pará, due to the formation of its artificial lake, resulting in changes in vegetation cover and loss of biodiversity. This study seeks to understand the dynamics of change in vegetation cover that occurred in the Água Fria Community, RDS Alcobaça, after the filling of the Tucuruí Reservoir, making it possible to understand the changes resulting from deforestation and subsidize proposals for interventions. Digital Image Processing (PDI) techniques were used, divided into stages: Landsat 8, Landsat 7 and Landsat 5 image acquisition; combination of spectral bands (Band 3 and Band 4) and atmospheric correction; NDVI calculation, map production and statistical analysis. To obtain the orbital images, the U.S.G.S. digital platform was used, in the months of July, August and September, from 1990 to 2020, with intervals of two years. The NDVI value showed no relationship with the years, indicating that during the years analyzed there was no significant reduction in the vegetation cover on the ground in the Água Fria community, in the Alcobaça RDS.

Keywords: Remote Sensing. SIG. Cold water. Vegetal cover. Reservoir of the UHE Tucuruí.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALCOBAÇA.....	21
3.2 ECOLOGIA DE PAISAGEM.....	25
3.3 A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DO USO DA TERRA.....	28
3.4 COBERTURA VEGETAL NA ÁREA DE ESTUDO	30
3.4 SENSORIAMENTO REMOTO	32
3.5 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO	36
3.5.1 <i>Normalized Difference Vegetation – NDVI</i>	37
4 MÉTODOS	39
4.1 ÁREA DE ESTUDO	39
4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Região de Integração do Lago de Tucuruí.....	14
Figura 2: Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí	16
Figura 3: Moradia e tanques rede em ilha na Comunidade Água Fria.....	17
Figura 4: Cartograma das localidades existentes na região das Ilhas do Lago de Tucuruí	18
Figura 5: Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Alcobaça	22
Figura 6: Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.....	34
Figura 7: Localização da Comunidade Água Fria na RDS Alcobaça.....	40
Figura 8: Determinação de Satélites e Quadrante da Área de Estudo.....	42
Figura 9: Processo de obtenção de imagens orbitais do local de estudo.....	44
Figura 10: A. Combinação espectral 3 e 4 utilizando banda simples cinza. B. Combinação espectral 3 e 4 utilizando banda falsa cor. C. Recorte da área de estudo utilizando banda simples cinza. D. Recorte da área de estudo utilizando banda simples cinza.....	45
Figura 11: A. Imagem da combinação espectral em agosto de 1998. B. Imagem da combinação espectral em setembro de 2002.....	46
Figura 12: Relação entre mediana do NDVI estimado na comunidade água fria entre os anos de 1990 a 2020.....	47
Figura 13: Mapa de NDVI dos anos 1990, 1992, 1994, 1996.....	48
Figura 14: Mapa de NDVI dos anos 2000, 2004, 2006, 2008.....	49
Figura 15: Mapa de NDVI dos anos 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020.....	50
Figura 16: A. Escola Pólo na Ilha Palmos. B. Moradia de pescador – Comunidade Água Fria.....	52
Figura 17: Fazenda de gado em ilha da Comunidade Água Fria.....	53
Figura 18: Margem desmatada.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comunidades pertencentes à RDS Alcobaça.....	24
Tabela 2: Classificação das escalas	27
Tabela 3: Relação de cenas Landsat utilizadas para cálculo NDVI.....	43

LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIATURAS

APA	<i>Área de Proteção Ambiental</i>
DPI	<i>Divisão de Processamento de Imagens</i>
EFT	<i>Estrada de Ferro Tocantins</i>
IAF	<i>Índice de área foliar</i>
IBAMA	<i>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
INPE	<i>Instituto de Pesquisas Espaciais</i>
MAB	<i>Movimento Atinngidos por Barragem</i>
NDVI	<i>Índice de Vegetação da Diferença Normalizada</i>
NIR	<i>Infravermelho próximo</i>
PA	<i>Pará</i>
PACUERA	<i>Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial</i>
PPCDAm	<i>Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal</i>
PRAD	<i>Programa de Recuperação de Áreas Degradadas</i>
RDS	<i>Reserva de Desenvolvimento Sustentável</i>
RED	<i>Vermelho do Espectro Eletromagnético</i>
REM	<i>Radiação Eletromagnética</i>
SEMA	<i>Secretaria de Estado de Meio Ambiente</i>
SIG	<i>Sistema de Informações Geográficas</i>
SITIM	<i>Sistema de Tratamento de Imagens</i>
SPRING	<i>Sistema para Processamento de Informações Geográficas</i>
SR	<i>Sensoriamento Remoto</i>
UHE	<i>Usina Hidrelétrica de Tucuruí</i>
USGS	<i>United States of Geological Survey</i>
ZPVS	<i>Zona de Preservação da Vida Silvestre</i>

1 INTRODUÇÃO

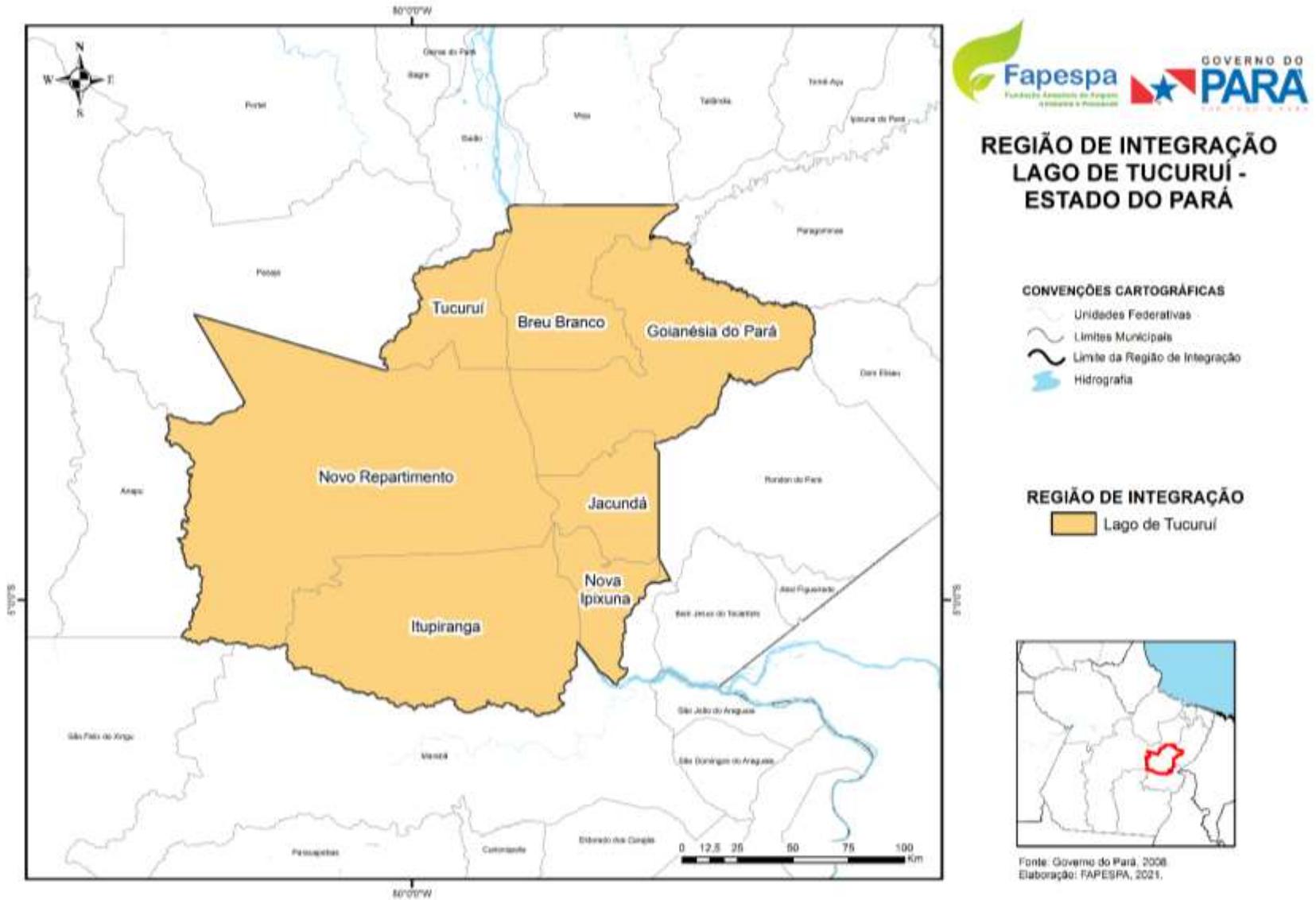
A Amazônia Brasileira é possui uma paisagem heterogênea e os impactos antropogênicos sofridos resultam de uma enorme variedade de padrões de desmatamento associados a diferentes atores e formas de uso da terra (FARIAS et al., 2017). A configuração na mudança do uso do solo no entorno da Usina Hidrelétrica (UHE) de Tucuruí teve suas maiores influencias a partir de grandes empreendimentos, a construção da Estrada de Ferro Tocantins em meados de 1900 e da Usina Hidrelétrica de Tucuruí a partir de 1976. (SANTOS, 2014). Tais empreendimentos foram fatores de grande relevância para o aumento do fluxo de pessoas na região, resultando na ocupação inapropriada no entorno do reservatório e o uso desequilibrado dos recursos ali presentes.

A UHE Tucuruí foi o primeiro projeto hidrelétrico em grande escala na região amazônica (MANYARI; CARVALHO JR, 2007; CHEN et al., 2015), seu reservatório foi cheio e inaugurado em 1984, inundando inicialmente uma área de 2.430 km² em sua fase I (FEARNSIDE, 1999). Foi concluída em 06 de setembro de 1985, totalizando seis meses de processo de enchimento. O lago formado, em sua cota de 72 metros, inundou uma área de 2.875 km², da qual 25% correspondem às áreas anteriormente ocupadas pelo rio Tocantins e seus principais afluentes. Nessa cota, o reservatório apresenta um perímetro de 7.700 km e possui aproximadamente 1.600 ilhas, formadas pelas terras mais elevadas que não foram inundadas (SANCHES; FISCH, 2005) e que foram sendo ocupadas ao longo dos anos.

Como resultado desse processo de modificação houve o prejuízo ambiental, em decorrência do desmatamento, da contaminação do solo, da deterioração da qualidade da água e de outros impactos (CARVALHO et al., 2009). A paisagem da região foi significativamente alterada, devido ao alagamento de milhares de hectares de floresta nativa, na ocasião do enchimento do Reservatório da UHE de Tucuruí.

O reservatório da UHE Tucuruí está presente na área de sete municípios vizinhos (Tucuruí, Breu Branco, Goianésia do Pará, Novo Repartimento, Jacundá, Nova Ipixuna e Itupiranga), localizados na Mesorregião do Sudeste Paraense (Fig. 1).

Figura 1 – Região de Integração do Lago de Tucuruí



Fonte: Governo do Pará, 2021.

Após o enchimento do reservatório, houve a reocupação das ilhas e em consequência, alterações na paisagem devido a ocupação humana. Apesar de terem sido deslocados para assentamentos distantes do reservatório, muitos ribeirinhos e pescadores retornaram para as ilhas buscando condições de subsistência. Observou-se, também, a exploração da pesca por barcos pesqueiros; da vegetação e solo para criação de gado e comércio de madeira; da paisagem para turismo, dentre outros.

A partir deste momento, decorrente dos conflitos de ocupação e da atuação de sociedade civil organizada, fez-se necessário a interferência governamental para organização, monitoramento e gestão das áreas de influência da UHE de Tucuruí, à jusante e à montante. Então, a partir de 2002, a região do Lago de Tucuruí foi dividida em áreas de proteção ambiental (Fig. 2). Essas áreas foram delimitadas considerando área com maior densidade populacional e que estivessem organizadas em associações. Ficando o Mosaico de preservação constituído assim: duas áreas de Proteção Ambiental (APAs), duas Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Alcobaça e Pucuruí-Ararão, Parque Ecológico, Ilha de Germoplasma e Zonas de Proteção da Vida Silvestre – ZPVS (ARAÚJO, 2008).

Além de ter sido uma ação não planejada, a ocupação das ilhas conflita-se como dispositivos da legislação ambiental, por exemplo, o Novo Código Florestal - Lei 12.651/2012 define que para os reservatórios artificiais de água destinados a geração de energia ou abastecimento público registrados ou tiveram seus contratos de concessão ou autorização assinados anteriores a 2001, a faixa da Área de Preservação Permanente será a distância entre o nível máximo operativo normal e a cota *máxima maximorum*.

No entanto, a Lei Federal nº 12.727/2012, altera a Lei nº 12.651/12, estipulando que o uso e ocupação do entorno de reservatórios, no âmbito do PACUERA (Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial), não poderá exceder a 10% da APP. Quando observamos as ilhas que compreendem a RDS Alcobaça é notório que as ocupações ocorrem na faixa de solo próxima ao corpo d'água (Fig. 3), o principal motivo é a facilidade de acesso, pois o principal meio de locomoção é o marítimo.

Figura 3 – Moradia e tanques redes em ilha na Comunidade Água Fria

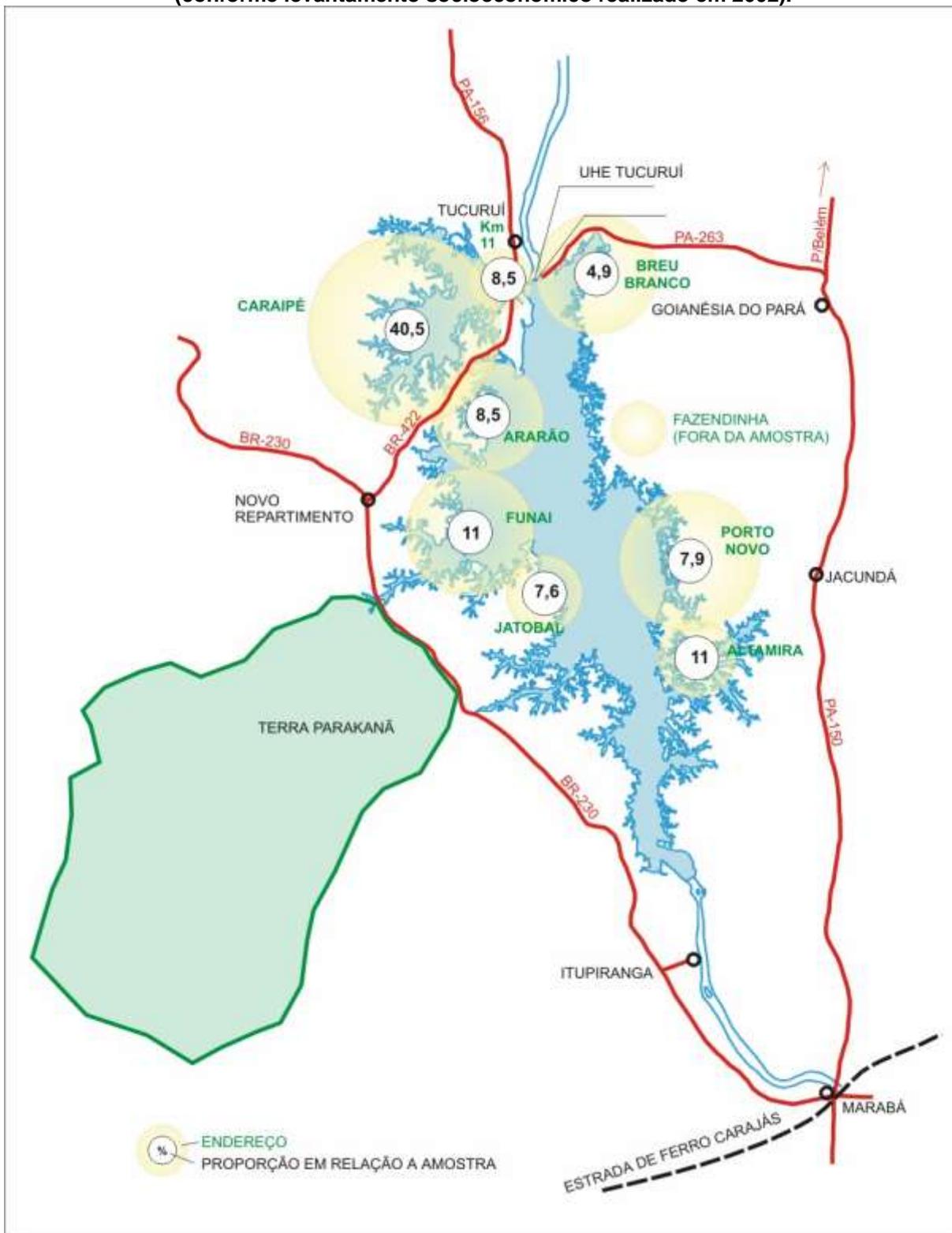


Fonte: própria autora.

Apesar de haver áreas de proteção ambiental, há a presença de vários e diferentes tipos de empreendimentos, assim como residências de ribeirinhos e pescadores. Toda essa dinâmica social, geográfica e biológica, torna o reservatório da UHE de Tucuruí, um ambiente com características específicas que o diferenciam de outros ecossistemas amazônicos e com grande importância ecológica, social e principalmente, econômica para a região.

Este trabalho abrange um espaço físico, biótico, social e econômico, específico constituído por uma comunidade de pescadores e ribeirinhos formada de várias ilhas no reservatório da Hidrelétrica de Tucuruí, denominada Comunidade Água Fria na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Alcobaça. A RDS Alcobaça é a área de proteção mais povoada no Mosaico de Tucuruí (fig. 4).

Figura 4 – Cartograma das localidades existentes na região das ilhas do Lago de Tucuruí (conforme levantamento socioeconômico realizado em 2002).



Fonte: ELETRONORTE/CET, 2002a

A Comunidade Água Fria é importante para a população da RDS Alcobaça, por ser considerada uma localidade central, também abriga a Escola pólo Manoel Mendes que atende o alunato da região, assim como sedia ações de órgãos executores e fiscalizadores. Outro fator relevante é a sua proximidade com o porto do Km 11, principal acesso à cidade de Tucuruí e local onde é realizada a comercialização do pescado. A comunidade Água Fria foi atingida pelo alagamento de faixas de terra de seus espaços sociais de produção e é considerada comunidade pólo pelas instituições de gestão do espaço.

Há consenso na literatura sobre a influência da mudança na cobertura vegetal na perda de hábitat e no deslocamento da fauna terrestre, na alteração das espécies aquáticas e, muitas vezes, a perda de áreas florestadas (MARCON, 2019). Podendo, também, haver mudanças no padrão de precipitação, aumento da nebulosidade e da neblina e redução da temperatura do ar (BAXTER, 1977).

Neste sentido, compreender as modificações no solo e na cobertura vegetal do reservatório da UHE Tucuruí é de grande importância para a elaboração de propostas efetivas de gerenciamento dos recursos naturais e hídricos no reservatório, incluindo planos de monitoramento e ações de preservação conservação e recuperação dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Considerando então, os fatores antrópicos e naturais que ocorrem na região do Lago de Tucuruí e dada sua importância ecológica, social e econômica, este estudo busca compreender as dinâmicas de alteração da cobertura vegetal e uso do solo na comunidade Água Fria após o enchimento do Reservatório de Tucuruí, possibilitando subsidiar propostas de intervenções.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar temporalmente a cobertura vegetal nas ilhas pertencentes à Comunidade Água Fria, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Alcobaça, no Reservatório da UHE de Tucuruí no período de 1990 a 2020.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Comunidade Água Fria e seu entorno, a partir da classificação de imagens de satélite após enchimento do lago de Tucuruí.
- Analisar a cobertura vegetal após implantação da hidrelétrica e ocupação das ilhas da comunidade Água Fria, no reservatório da UHE Tucuruí.
- Produzir uma análise temporal capaz de subsidiar políticas públicas, intervenções que visem a preservação da vegetação nesta comunidade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este estudo está estruturado e fundamentado em diversos autores e pesquisadores reconhecidos por seus trabalhos científicos, verificando os fatores que norteiam a problemática principal do referido trabalho e as geotecnologias existentes para o monitoramento das paisagens na região. No entanto, se faz necessário uma revisão dos principais conceitos, características e classificação da ecologia de paisagens, dinâmica de paisagens, nacional e internacional que colaboram com suas pesquisas para o desenvolvimento de novas teorias relacionadas ao tema.

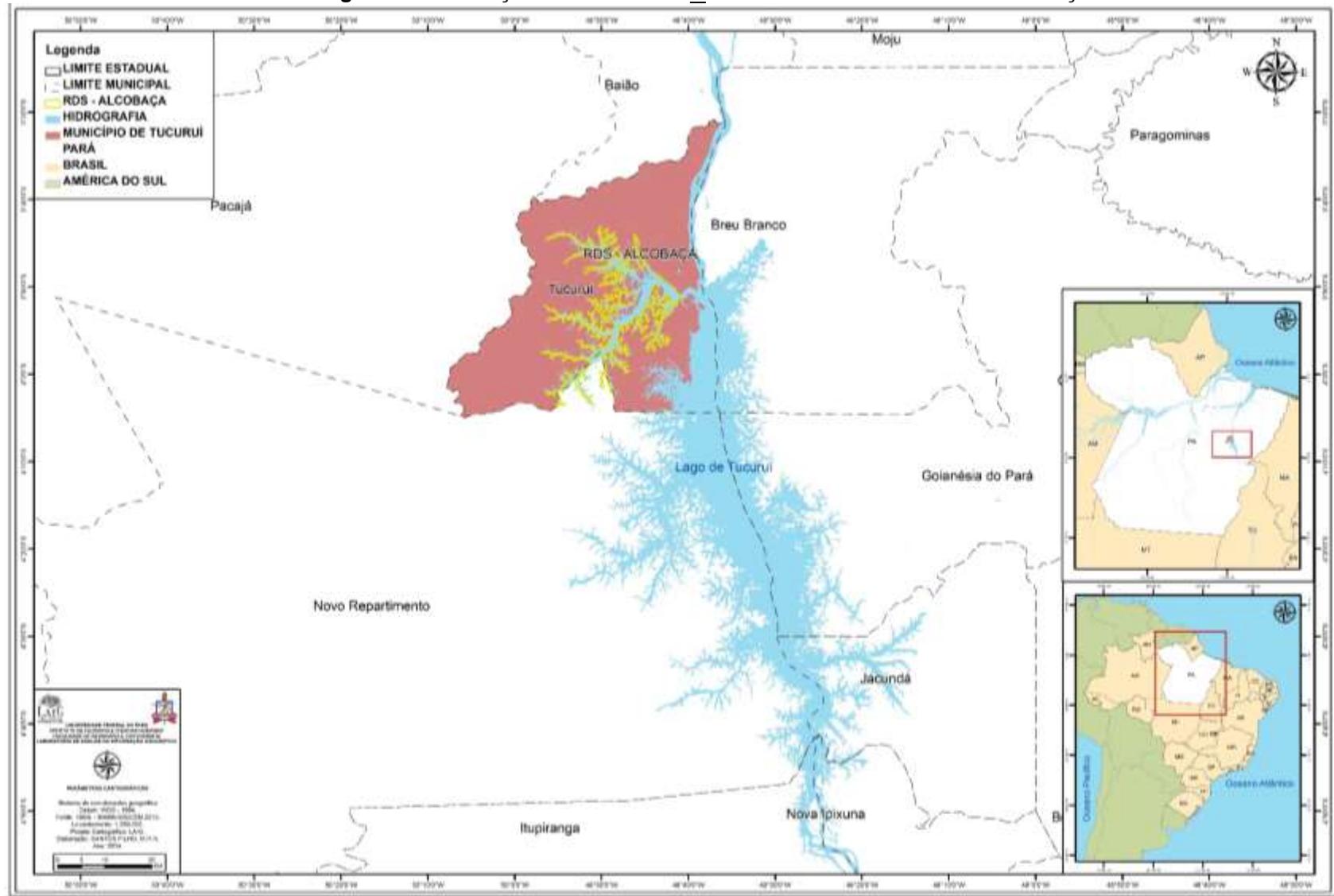
A questão da mudança espaço-temporal em áreas de proteção ambiental na região do Reservatório da UHE de Tucuruí vem sendo estudada com grande intensidade há algum tempo nas universidades e instituições públicas especializadas, mas há carência de estudos relacionando o uso do solo e suas implicações na cobertura vegetal dessa região.

3.1 RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALCOBAÇA

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Alcobaça (Fig. 5) foi criada objetivando, principalmente, o atendimento de duas necessidades básicas: servir como instrumento de conservação da biodiversidade degradada pelas obras realizadas com a construção da usina hidrelétrica de Tucuruí, e para atenuar os múltiplos conflitos territoriais locais, decorrentes da implantação deste empreendimento (ARAÚJO; ROCHA, 2008).

A RDS Alcobaça recebeu esse nome em homenagem a antiga vila de São Pedro de Alcobaça que recebeu projetos ali instalados e inconclusos, tais como A Estrada de Ferro Tocantins (EFT) a partir de 1900 e a construção da hidrelétrica de Tucuruí na década de 80. O nome dado a região antes da criação da reserva, era região do Caraipé, sendo que até hoje, os moradores mais antigos denominam a região de Caraipé e não de Alcobaça, região esta que é área de entrada ou saída da região das ilhas (ALMEIDA, 2016).

Figura 5: Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Alcobaça.



Fonte: ALMEIDA, 2016.

Atualmente, a pesca artesanal é a principal fonte de renda da população na RDS Alcobaça. Apesar da atividade pecuária ter aumentado na reserva, os moradores tradicionais ainda dependem da pesca para subsistência e comercialização. No período de reprodução das espécies, os pescadores recebem o seguro defeso e exercem a atividade pesqueira apenas como forma de subsistência, ou seja, pescam exclusivamente para o consumo familiar (ALMEIDA, 2016).

Em relação à agricultura, a população da reserva pratica agricultura de subsistência, plantando pequenos roçados e pequenas hortas. No entanto, outras atividades são observadas, como a utilização dos recursos naturais para lazer, caça, agricultura, aquicultura e exploração de madeira. A criação de animais pequenos faz parte de alternativas de sustento. A população que ocupa a região das ilhas da RDS Alcobaça, usa como principal meio de transporte e locomoção entre a reserva e o núcleo urbano de Tucuruí as pequenas embarcações a motor ou mesmo as canoas.

Barata (2011) em sua pesquisa, elenca que o problema de grande impacto na Reserva Alcobaça é a derrubada da floresta nativa, que afeta e compromete a biodiversidade do lugar, pois além da fauna, ainda existe um número considerável de espécies de árvores nobres de alto valor comercial, que se encontram inclusive classificadas na lista oficial brasileira de extinção, como o Acapú e o Cedro. Outras espécies de grande porte, ainda são encontradas na RDS Alcobaça como: As Castanheiras, as Samaúmas, o Angelim pedra (amarelo), o Angelim vermelho, a Sucupira, a Maçaranduba, a Itaúba, a Maúba, a Mungúba, a Caranapaúba, o Genipapeiro, a Sapucaia – uma espécie de castanheira, o Ipê Roxo, o Ipê Amarelo, a Andiroba.

Em dados levantados em 2005 pelo Movimento de Atingidos por Barragem (MAB), como mostra a tabela 1, a população da reserva estava distribuída em 14 comunidades, em dados levantados em 2014 na Colônia de Pescadores de Tucuruí Z-32 os pescadores estão distribuídos em 18 comunidades, já para os próprios pescadores a reserva é composta por 20 comunidades distribuídas em 3 regiões, essa divisão de região é baseada nos rios. Para esse estudo, foi selecionado a comunidade Água Fria, devido sua importância e localização. As comunidades da reserva de desenvolvimento sustentável Alcobaça foram originadas por pessoas

predominantemente de origem dos municípios do Pará, como Cametá, Mocajuba, Baião e Tucuruí e do estado do Maranhão (BARBOSA, 2008).

Tabela 1: Comunidades pertencentes à RDS Alcobaça

COMUNIDADES NA RDS ALCOBAÇA			
MAB 2005 (BARBOZA et al, 2008)	COLÔNIA DE PESCADORES (2014)	ALMEIDA (2014)	
		REGIÃO	COMUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Acapú • Angelim • Água Fria • Boa Vida • Cametá • Cajazeira • Cajazeirinha • Lago Azul • Mocaba • Ouro Verde • Piquiá • Piquiazinho • Rio Jordão • São Benedito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acapú I • Acapú II • Angelim • Água Fria, • Barrageira • Boa Vida • Cametá (São Pedro) • Cajazeira • Cajazeirinha • Garipé • Lago Azul • Mocaba • Mururé • Ouro Verde • Pedra Branca • Piquiá Grande • Piquiazinho • Rio Jordão 	CARAIPÉ	<ul style="list-style-type: none"> • Acapú I • Acapú II • Água Fria • Bom Jesus • Cajazeira • Cajazeirinha • Cametá • Garipé • Pedra Branca • Piquiá • Piquiazinho • Rio Jordão
		RIO 24	<ul style="list-style-type: none"> • Água Serena • Angelim • Boa Vista • Formiga • Lago Azul • Mururé • Ouro Verde
		MOCABA	<ul style="list-style-type: none"> • Mocaba

Fonte: Barboza et al (2008); Almeida (2016), adaptada pela autora.

Na RDS Alcobaça, há pequenas escolas construídas em algumas localidades e duas escolas pólo, uma delas localizada na comunidade Água Fria. Apesar desse cenário, observou-se a presença de ilhas utilizadas para lazer.

Almeida (2016), relata que os ribeirinhos da localidade Água Fria não utilizam modos agressivos quando se trata da exploração de recursos e tem a certeza de que qualquer agressão ao ambiente retornará de forma negativa às comunidades, principalmente quando se trata da exploração sem critérios dos recursos. No entanto, as áreas para criação de gado têm aumentado nas regiões próximas ao município de Tucuruí. A RDS Alcobaça tem grande importância para a dinâmica do Lago e para o município de Tucuruí e é preciso que a gestão nesse território seja eficiente, garantindo a sobrevivência da população e a preservação do meio ambiente.

3.2 ECOLOGIA DE PAISAGEM

A paisagem é a expressão espacial dos ecossistemas e um complexo, padrão ou mosaico de ecótopos, ou seja, um mosaico de ecossistemas concretos (RODRIGUEZ; SILVA, 2002). Uma área terrestre heterogênea composta de um grupo de ecossistemas em interação que se repetem de forma semelhante por todo lugar (FORMAN; GODRON, 1986). Apesar da diversidade de conceitos, a noção de espaço aberto, espaço “vivenciado” ou de espaço de inter-relação do homem com o seu ambiente está imbuída na maior parte dessas definições.

Neste contexto, considera-se que a ecologia de paisagem uma ciência básica para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento da paisagem, possibilita que a paisagem seja avaliada sob diversos pontos de vista, permitindo que seus processos ecológicos possam ser estudados em diferentes escalas temporais e espaciais (TURNER, 1987). As pesquisas em ecologia da paisagem são voltadas para conservação da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos e possui uma abordagem geográfica e ecológica.

A abordagem geográfica holística é a mais próxima da ecologia humana, pois analisa a influência do homem sobre a paisagem, está voltada para o planejamento territorial com uma interpretação pela ótica humana do que é paisagem, com enfoque nos problemas de gestão. Enquanto a abordagem ecológica enfatiza a estrutura e a dinâmica de mosaicos heterogêneos e seus efeitos sobre os processos ecológicos, uma ecologia espacialmente explícita que focaliza padrões e interações num mosaico todo com enfoque para os problemas de conservação. A base geográfica permite subsidiar a abordagem ecológica, mas apenas quando investiga as alterações biológicas e interações ecológicas resultantes das mudanças ocorridas nos elementos da paisagem (SIQUEIRA et al., 2013).

O crescimento das populações humanas e a conseqüente expansão de suas atividades têm alterado as paisagens naturais em todo o globo terrestre, modificando a organização dos elementos espaciais urbanos e rurais (TREVISAN; MOSCHINI, 2015). A diversidade territorial produzida pelo processo de globalização resulta em diferentes dinâmicas demográficas e redistribuição populacional, associado a

diferentes escalas (relacionadas a processos globais e locais) que se sobrepõem e se entrelaçam, produzindo um espaço urbano diverso e desigual (BARATA, 2019).

Todos os processos de ocupação pela espécie humana produziram e produzem grandes alterações nos sistemas naturais (TUNDISI, 2010). A perda da floresta nativa, aumenta o número de fragmentos e as distâncias entre eles, com isso ocorre uma diminuição da conectividade (COSTA et al., 2015). As principais consequências sobre a biodiversidade estão vinculadas ao tamanho dos remanescentes, isolamento dos mesmos, à matriz ou entorno do fragmento, à forma e ao efeito de borda dos remanescentes (SIQUEIRA, 2016). Em outras palavras, compreender o funcionamento de uma unidade de paisagem, passa pelo conhecimento dos padrões da fragmentação florestal obtido por meio das métricas da paisagem (SANTOS et al., 2019).

A modelagem vem se firmando como uma excelente aliada para a obtenção de conhecimento e geração de hipóteses em ecologia de paisagens e questões populacionais, incluindo dinâmica de metapopulações, efeitos de fragmentação, importância de corredores e processos de dispersão ou invasão, os quais estão entre os temas mais abordados com modelos (TREVISAN; MOSCHINI, 2015). Neste contexto o monitoramento do uso da terra e mudança da cobertura do solo e sua dinâmica é essencial para uma variedade de propósitos científicos e estratégias políticas, o que conseqüentemente leva a mais eficiente gestão dos recursos terrestres (NEVES et al, 2020).

Para os estudos ambientais é importante que ocorra a prévia delimitação da área de estudo, pois esse procedimento permite uma análise mais precisa de qual metodologia ser utilizada nas análises. A necessidade de se estabelecer a dimensão da área a ser investigada levou à definição de sistemas de classificação em unidades, que adicionam atribuições escalares ao conceito de paisagem (SOARES, 2001).

A escala nada mais é do que uma fração que indica a relação entre as medidas do real e aquelas de sua representação gráfica. É a partir dela que será possível adotar medidas e iniciar os estudos de forma otimizada e completa (CASTRO et al., 2008). Quanto ao tipo de escalas utilizadas na ecologia de paisagens, obrigatoriamente, utiliza-se a escala espacial, temporal, geográfica e a escala de

percepção das espécies (CASTRO et al., 2008). Na cartografia as escalas estão divididas de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 – Classificação das Escalas

Quanto ao tamanho	Quanto à representação	Escala	Aplicações
Escala Grande	Escala de Detalhe	1:500 até 1:25.000	Plantas Cadastrais, Levantamentos de detalhes ou planos topográficos, mapeamento e projetos de engenharia. (túneis, barragens, estradas, etc.)
Escala Média	Escala de Semi-detalhe	1: 25.000 até 1:250.000	Cartas topográficas.
Escala Pequena	Escala de Reconhecimento ou de síntese	1:250.000 ou menores.	Cartas Topográficas e cartas gerais. O mapa dos atlas, a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIM) a Carta do Brasil ao Milionésimo, Mapas continentais, Mapas mundi, etc.

Fonte: METZGER, 2001.

Metzger (2001), define a escala espacial por características de extensão (tamanho) e resolução (unidade mínima de representação espacial), nessa escala os mapas variam de escalas finas (mapas detalhados, com alta resolução e, em geral, extensão reduzida) a escalas grosseiras (mapas com poucos detalhes, com resolução grosseira e, em geral, ampla extensão). Enquanto a escala temporal inclui também um aspecto de duração (tempo de análise) e resolução (frequência de obtenção de dados). A perspectiva temporal permite analisar um fenômeno de forma histórica, possibilitando compreender a frequência, padrões e interações nas dinâmicas espaço-temporais dos eventos (MONTEIRO, 2000).

O estudo da dinâmica das paisagens, tem potencial para fornecer informações técnicas capazes de apoiar a elaboração e a implementação de políticas públicas, pois capturam o modo como a sociedade se relaciona com a terra e suas consequências socioeconômicas e ambientais (CARDOSO et al., 2016). Devido as diversas possibilidades de análise da paisagem, cada vez mais os estudos científicos têm desenvolvido teorias, modelos e procedimentos para uma análise mais precisas para facilitar a compreensão e a gestão de paisagens heterogêneas.

3.3 A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DO USO DA TERRA

O uso da terra é definido em função das atividades desenvolvidas em determinada área que, no caso de propriedades rurais, são voltadas principalmente para o estabelecimento de culturas e criação de animais, além de moradia e recreação (SILVA et al., 2017). O conhecimento sobre o uso da terra ganha importância pela necessidade de garantir sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas, e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável.

Segundo Borges e Rajão (2016), todos os setores da sociedade têm se preocupado e discutido sobre território e a importância do monitoramento na gestão do espaço. Mediante a relevância dos mapeamentos e conhecimento de territórios, são apresentadas as metodologias de Sensoriamento Remoto e Uso e Cobertura da Terra, que permitem não apenas a realização do monitoramento, mas a adoção de medidas para a preservação.

De acordo com Hoffmann e colaboradores (2018), a utilização do solo não interfere apenas na cobertura vegetal, mas em toda biodiversidade existente no território, causando sua redução e modificação em diferentes graus de intensidade em função de mudanças de hábitat, fornecimento de alimento, criação de microclimas e competição intra e interespecífica.

Os solos formadores da região da UHE- Tucuruí estão submetidos a diferentes usos e ocupações (urbanas, extrativistas, cultivo e pastagem) assim como, as ilhas criadas após o barramento do rio Tocantins que, com o passar do tempo tem sofrido alterações com a sazonalidade do lago e a crescente utilização de terras, sem considerar as potencialidades e limitações do solo (RAMOS, 2018). No geral, a população desconhece a importância do solo, isso acaba gerando processos que levam à sua alteração e degradação (SANTOS; ZANELLO, 2009).

A taxa anual média de desmatamento no estado do Pará ficou entre 2010 e 2020 foi em média 3.243,8 km²/ano. No ano de 2020, o desmatamento no estado ficou 137,71% maior que a taxa referente ao ano de 2010, (INPE, 2021). Para controlar as taxas de desmatamento, o estado do Pará aderiu ao Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal (PPCDAm) em 2004 e criou o

Programa Municípios Verdes em 2010, que se constitui como uma política estadual de transição para um modelo de desenvolvimento ambientalmente mais adequado (COSTA; FLEURY, 2015). No entanto, nos últimos anos, esses mecanismos de incentivo à preservação não foram suficientes para estagnar ou reduzir as taxas de desmatamento no estado do Pará.

O Mosaico UC do Lago de Tucuruí/PA foi criado por Lei Estadual (PA) nº 6.451 de 08 de abril de 2002. Entretanto, devido à grande parte de sua extensão pertencer a propriedades privadas, as Áreas de Proteção Ambiental representam a categoria que mais sofrem impactos negativos (ESTEVES; SOUZA, 2014), oriundos do conflito de interesses no ordenamento do território e o alto grau de interferência antrópica, que podem resultar em danos ambientais, como a supressão de cobertura vegetal, disposição inadequada de resíduos sólidos e efluentes, incêndios florestais, caça predatória, entre outros (ANDRADE et al., 2013). Lopes e colaboradores (2020), identificam alterações da cobertura da terra nas últimas décadas no município de Tucuruí e a tendência linear crescente da população.

A identificação do uso e cobertura da terra por meio de sensores orbitais contribuem para o reconhecimento das “alterações e no entendimento do modelo de organização da superfície terrestre” (FERNANDES, 2012). O Geoprocessamento engloba desde o levantamento até o processamento de dados relativos ao meio ambiente, valendo-se de programas especializados, viabilizando diversas operações, tais como interpolações e sobreposição de dados (OLIVEIRA, 2017).

A caracterização da cobertura do solo sempre foi alvo de estudos de novas técnicas que buscam facilitar a obtenção dos dados. No entanto, com a complexidade das informações para se aperfeiçoar o processo de tomada de decisão é comum observar esforços na busca de alternativas (CANAVESI et al., 2010). Segundo Gülersoy (2013), estudos baseados em sensoriamento remoto corroboram para a compreensão o uso do solo nas mais diversas atividades e tornam-se essenciais para que se possa interferir sobre o território analisado, até mesmo com ações mitigadoras de impactos ambientais, se for o caso.

O monitoramento do uso da terra e mudança da cobertura vegetal e sua dinâmica é essencial para uma variedade de propósitos científicos e estratégias políticas, o que conseqüentemente leva a mais eficiente gestão dos recursos

terrestres (NEVES et al, 2020). Assim, o sensoriamento remoto (SR) é uma das principais ferramentas para o monitoramento da dinâmica da vegetação em uma determinada região (OLIVEIRA et al., 2021).

3.4 COBERTURA VEGETAL NA ÁREA DE ESTUDO

Conforme o Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável do Lago de Tucuruí (2012), a vegetação do município é constituída, predominantemente, por floresta tropical úmida, com os subtipos: Floresta Aberta Latifoliada, Densa de Platô, Densa de Terraço, Floresta Submontana, em relevo aplainado. Nas margens do lago encontra-se a Floresta de Galeria e a Floresta de Diques, compostas de espécies dicotiledôneas de porte arbóreo como a sumaúma, intercaladas palmáceas típicas de lugares úmidos com eventuais inundações.

O município apresenta cobertura vegetal primitiva, principalmente nas reservas florestais das fazendas. Sendo estas vegetações típicas da região amazônica, com a de floresta ombrófila densa, existindo espécies vegetais de alto valor comercial, que vem sendo gradualmente substituída por pastagens e áreas de cultivo. Parte dos tratos florestais do Município, abrangendo as Florestas de Várzea, Matas Ciliares e de Terra Firme, ao longo do curso do rio Tocantins, foi inundada por ocasião do fechamento das comportas da Hidrelétrica de Tucuruí, o que deu ensejo a formação de um grande lago (RIBEIRO, et al., 2014).

Os ecossistemas naturais apresentam uma integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, decorrente de processos essenciais de ciclagem de nutrientes, acumulação e decomposição da matéria orgânica (SILVA et al., 2017). Em termos de mudanças climáticas, a cobertura vegetal é vital para regular a temperatura, pois as transformações da cobertura vegetal para uso antropogênico, influencia na variabilidade do clima no local e regional, com impacto global (BROVKIN et al.,2006; MORALES et al., 2016).

A cobertura vegetal é imprescindível como proteção dos solos contra a erosão, pois sua rede de raízes trabalha como elemento fixador do solo, aumentando a sua resistência a erosão. A sua copa também exerce uma proteção contra a erosão,

reduzindo o impacto da chuva diretamente sobre o solo. (COSTA, 2012). As florestas geram benefícios para a sociedade, para o desenvolvimento rural e biodiversidade, como conservação e proteção da fauna, incluindo polinizadores. Auxiliam na manutenção dos ciclos biogeoquímicos, recuperação de áreas degradadas, proteção das bacias hidrográficas, conservação dos solos, manutenção das chuvas, consequentemente garantindo água em quantidade e qualidade (RECH et al., 2015).

Através de mapeamento e monitoramento na região do reservatório da UHE de Tucuruí observou-se a falta de vegetação ciliar nas áreas com erosão e o aumento da instabilidade dos desbarrancamentos marginais contribuindo para o aporte de sedimentos ao reservatório tendendo para um assoreamento em longo prazo e modificações no padrão espacial da cobertura florestal no entorno do reservatório de Tucuruí entre 1988 a 1999, com comportamentos diferenciados na escala de municípios (RAMOS; PEDROZA, 2014).

No entorno do lago da UHE-Tucuruí, as regiões de terra firme já apresentam profunda modificação antrópica com retirada da floresta para atividades econômicas, principalmente a pecuária extensiva. A substituição da floresta natural por pastagem é uma prática comum na Amazônia brasileira, principalmente nos estados do Pará e Rondônia (FEARNSIDE; BARBOSA, 1998). Tais alterações afetam diretamente as espécies cuja riqueza e abundância dependem das características estruturais dos fragmentos, o que compromete severamente a diversidade e a dinâmica das comunidades vegetais, bem como o equilíbrio dos ecossistemas (PIROVANI et al., 2014; SILVA et al., 2015).

Para o mapeamento da vegetação, em diversas escalas, há uma série de procedimentos a serem seguidos, que, apesar do caráter dinâmico, passam em linhas gerais pelas seguintes etapas: área e escala do trabalho; resolução espacial adequada e sensores correspondentes; levantamento de mapeamentos preexistentes e material bibliográfico auxiliar; cartas topográficas; seleção e aquisição de imagens de sensores orbitais/aerotransportados; processamento digital de imagens; interpretação preliminar; operações de campo; reinterpretação; integração; edição e validação topológica; carga e verificação de consistência em banco de dados; e mapa final (IBGE, 2012). A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em estudo de cobertura vegetal é de grande relevância, pois é possível através destas, adquirir

informações sobre diferentes tipos de vegetação, condições de estresse, carência de nutrientes, fazer um monitoramento ambiental e inúmeros estudos de acordo com a área de interesse (SILVA; VIEIRA, 2007).

3.4 SENSORIAMENTO REMOTO

Os distintos processos de transformação da paisagem na região amazônica, tanto temporal quanto espacial no uso do solo podem ser observados por diferentes meios, entre eles o Sensoriamento Remoto (SR) que utiliza técnicas capazes de detectar a variação da radiação eletromagnética (REM) refletida de um objeto (alvo) a nível orbital, sendo capaz de avaliar e monitorar as mudanças de uso e cobertura do solo, promovidas por processos naturais e/ou antrópicos (LORENZZETTI, 2015).

A classificação de imagens baseada em objetos geográficos busca simular técnicas de interpretação visual, através da modelagem do conhecimento, para identificação de feições que têm uma existência concreta no mundo real, baseando-se na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, tamanho, forma, localização, padrão e contexto (SEABRA; CRUZ, 2014).

Em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (Divisão de Processamento de Imagens - DPI). De 1984 a 1990 a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas), para ambiente PC/DOS, e, a partir de 1991, o SPRING (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes UNIX e MS/Windows (CÂMARA; DAVIS, 2017).

Na década de 1990 a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 (Rio-92) foi lançado o Programa para a Proteção das Florestas Tropicais (PPG7), um vasto programa de gestão territorial baseado na criação de unidades de conservação e financiamento de centenas de projetos na Amazônia brasileira (ARAÚJO; LENÁ, 2010).

Também eram desenvolvidas técnicas de monitoramento da cobertura florestal, através do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal

por Satélite (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com séries históricas de imagens de satélite, permitindo avaliar os impactos das atividades econômicas sobre a paisagem, e fornecendo meios de implementar o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal (PPCDAm), através de ações de comando e controle (DO VALE, et al., 2018)

As técnicas de geoprocessamento são dadas através da evolução da microinformática que possibilitaram o processamento de dados geoespaciais através de sensores remotos:

[...] o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográficas (GIS), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA; DAVIS, 2017).

O SR possibilita a análise espaço-temporal tanto do uso e ocupação do solo quanto da precipitação pluviométrica (SIMÕES et al., 2017). Assim, o sensoriamento remoto (SR) é uma das principais ferramentas para o monitoramento da dinâmica da vegetação em uma determinada região (OLIVEIRA et al., 2021). O sensoriamento remoto oferece muitas oportunidades para monitorar a degradação florestal, incluindo a extensa cobertura de áreas inacessíveis, como a região amazônica, e informações sobre trajetórias históricas nas mudanças da cobertura da terra (HEROLD; SKUTSCH, 2011).

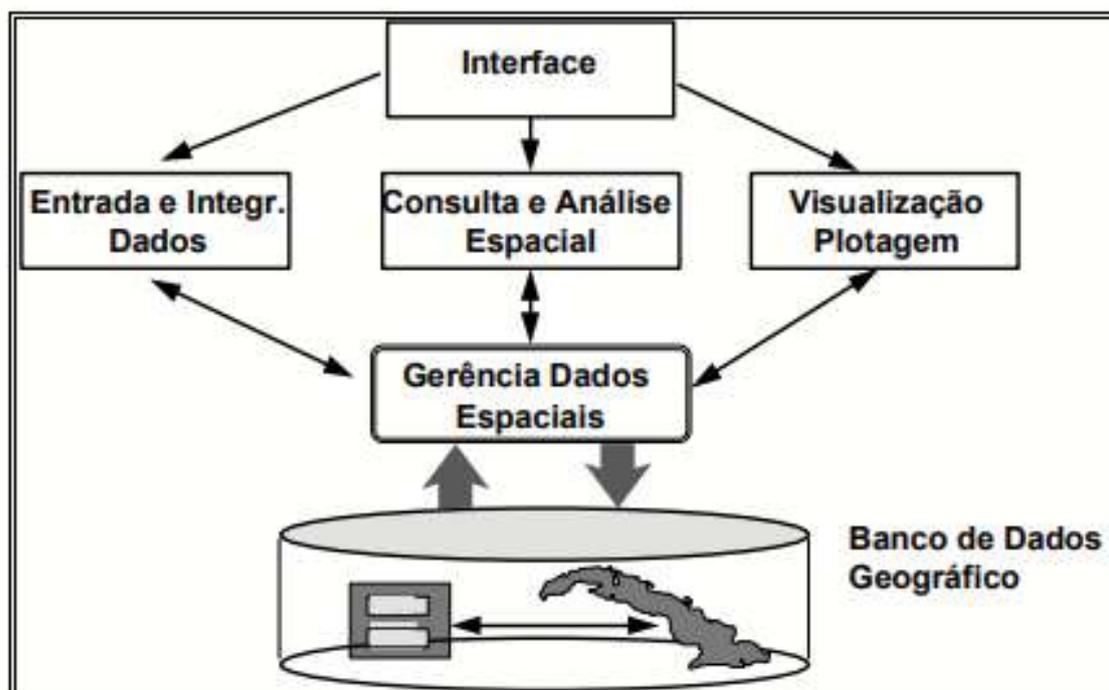
De acordo com Sanches (2017), as capacidades técnicas dos sensores orbitais dependem de quatro resoluções:

1. Resolução espacial: relacionado ao tamanho do pixel da imagem gerada;
2. Resolução radiométrica: referente à intensidade de radiância de cada pixel que o sensor é capaz de mensurar;
3. Resolução espectral: refere-se ao número de faixas espectrais do sensor e suas larguras;
4. Resolução temporal: corresponde ao tempo de revisita do satélite na mesma área.

Essa grande variedade de características das imagens multiespectrais de sensoriamento remoto permite com que os softwares atuais de Processamento Digital de Imagens (PDI) forneçam produtos com resultados confiáveis e maximizando o tempo operacional (BARROS et al., 2020). Baseado nos resultados encontrados, podemos evidenciar que os produtos de sensoriamento remoto são importantes para o entendimento dos impactos antrópicos e climáticos (OLIVEIRA et al., 2021).

O termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados (DRUCK, 2004). É composto de uma interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados (Figura 6).

Figura 6 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica



Fonte: DRUCK, 2004.

A atualização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) cada vez mais, permite a formulação de diagnósticos, prognósticos, avaliação de opções de ações manejos ambientais pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados,

agilidade no processamento e viabilidade econômica (VAEZA et al., 2010). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tornam-se ferramentas que possuem a capacidade de capturar, armazenar, manipular, transformar, visualizar, combinar, investigar, analisar, modelar e gerar dados georreferenciados, que são demonstrados através dos mapas (TABACOW; SILVA, 2011).

Reforça-se, então, a importância das representações cartográficas na visualização e interpretação dos aspectos necessários ao planejamento ambiental. Haja vista, a tecnologia do Sensoriamento Remoto pode se constituir numa ferramenta valiosa para o mapeamento e monitoramento do uso e cobertura da terra no entorno do corpo d'água, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de ações de preservação dessas áreas, com base na variedade de tipos e intensidade da intervenção antrópica identificada (SEBUSIANI; BETTINE, 2011).

Nesse sentido, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, tornaram-se importantes instrumentos para o mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal, contribuindo para o levantamento, monitoramento e análise destes tipos de dados (SILVA et al., 2011). O sensoriamento remoto é uma das ferramentas mais utilizadas para o monitoramento da superfície terrestre e o meio mais efetivo de coletar dados, extrair informações e desenvolver conhecimentos sobre os fenômenos naturais que ocorrem nessas áreas de proteção ambiental e seus entornos, como a ocorrência de desmatamentos, possibilitando assim o planejamento e desenvolvimento de ações com enfoque no combate e prevenção ao desmatamento (RIBEIRO et al., 2016).

O monitoramento realizado por meio de tecnologias gera dados que possibilitam a análise de grandes áreas de forma rápida e eficaz (FLORENZANO, 2011), podendo assim, serem aplicados para o monitoramento das áreas de proteção ambiental e fiscalização das atividades que ocorrem nesses ambientes e em seu entorno. Além disso, a conservação da biodiversidade é melhor sucedida minimizando as ações humanas em paisagens intactas e não fragmentadas (BARLOW, 2016; BETTS, 2017).

3.5 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Os índices de vegetação, de maneira geral, realçam o comportamento espectral da vegetação presente na imagem, correlacionando-se com os aspectos biofísicos como, por exemplo, índice de vegetação da diferença normalizada – NDVI, biomassa, Índice de Área Foliar (IAF), vigor da vegetação, sazonalidade climática, cobertura do solo, atividade fotossintética, dentre outros aspectos (HUXMAN et al. 2004).

Para Liu (2015), cada objeto (alvo) na superfície terrestre apresenta uma curva singular de energia no espectro eletromagnético, conhecida como assinatura espectral. A reflectância espectral permite que a vegetação seja detectada e medida por sensores em diferentes bandas, possibilitando a classificação de seus elementos, como presença de plantas ou árvores, seu estado geral, e outras chaves temáticas.

Assim, um Índice de Vegetação é a combinação matemática de duas ou mais dessas bandas espectrais que destaca diferentes padrões, como vegetação (com alta reflectância) e solo exposto, estruturas artificiais etc., além de quantificar algumas características da vegetação, como biomassa, vigor e densidade; existem centenas de índices para análise de vegetação. Entretanto, o seu uso deve seguir recomendações, com o objetivo de se obter os dados mais realistas, uma vez que diversos índices foram elaborados para diferentes finalidades (VIGANÓ et al., 2011).

Os índices de vegetação podem ser calculados por operações que envolvem razão, diferenças e somas pela combinação linear das bandas espectrais, ou seja, são operações algébricas que envolvem faixas espectrais de reflectância específicas, permitindo determinar a cobertura vegetal e sua densidade (RODRIGUES et al. 2013).

Os valores obtidos para índices de vegetação estão diretamente ligados à disponibilidade hídrica do sistema, geralmente a escolha das melhores imagens de satélite coincide com o período de estiagem, visto que normalmente neste período há uma menor cobertura de nuvens sobre a área alvo (SOUZA, 2018). A modelagem dos índices de vegetação é obtida por meio de processamento de informações contidas nas bandas que apresentam reflectância na região do visível (vermelho) e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

3.5.1 Normalized Difference Vegetation – NDVI

Foi proposto por Rouse et al (1973), consiste na normalização do índice Razão Simples (*Simple Ratio* - SR) a partir da equação a seguir, determinando o intervalo -1 a 1 aos seus valores. Os valores do índice variam de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação e que o valor zero se refere aos pixels não vegetados.

O NDVI é o índice mais usado e está representado na equação:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{nir} - \text{red}}{\text{nir} + \text{red}}$$

Onde *nir* e *red* são respectivamente, infravermelho próximo e vermelho do espectro eletromagnético de objetos na superfície terrestre.

O índice de vegetação da diferença normalizada - NDVI utiliza a diferença da reflectância entre a faixa do infravermelho próximo e a reflectância da faixa de visível. A vegetação saudável absorve a maior parte da luz visível que a atinge e reflete grande parte da luz infravermelha. Quando a vegetação está doente, reflete mais a luz visível e menos a luz do infravermelho próximo. O NDVI é constantemente utilizado para detecção de seca.

Jensen (2009), apresenta alguns pontos positivos e negativos na utilização do NDVI. Para ele, a importância do índice concentra-se em dois aspectos: no monitoramento de mudanças sazonais e interanuais da atividade e do desenvolvimento da vegetação e na redução de ruídos, como sombras de nuvens, variações topográficas e diferença de iluminação solar, através da razão. Entretanto, o índice sofre influência de radiância de trajetória atmosférica, apresenta saturação em relação a altos valores de Índice de Área Foliar (IAF) e tem sensibilidade às mudanças do substrato do dossel, como o solo.

A aplicação do NDVI também é adequada para estudos no âmbito da vegetação existente no entorno de reservatórios superficiais, como da UHE de Tucuruí, como ferramenta eficiente para analisar o grau de desmatamento dessas

áreas, a presença de fitoplanctons e a sensibilidade da vegetação as variações dos níveis de precipitação. Santos e Oliveira (2015) e Arraes e colaboradores (2010) avaliaram as alterações nos valores do NDVI em áreas localizadas no entorno de reservatórios superficiais.

4 MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

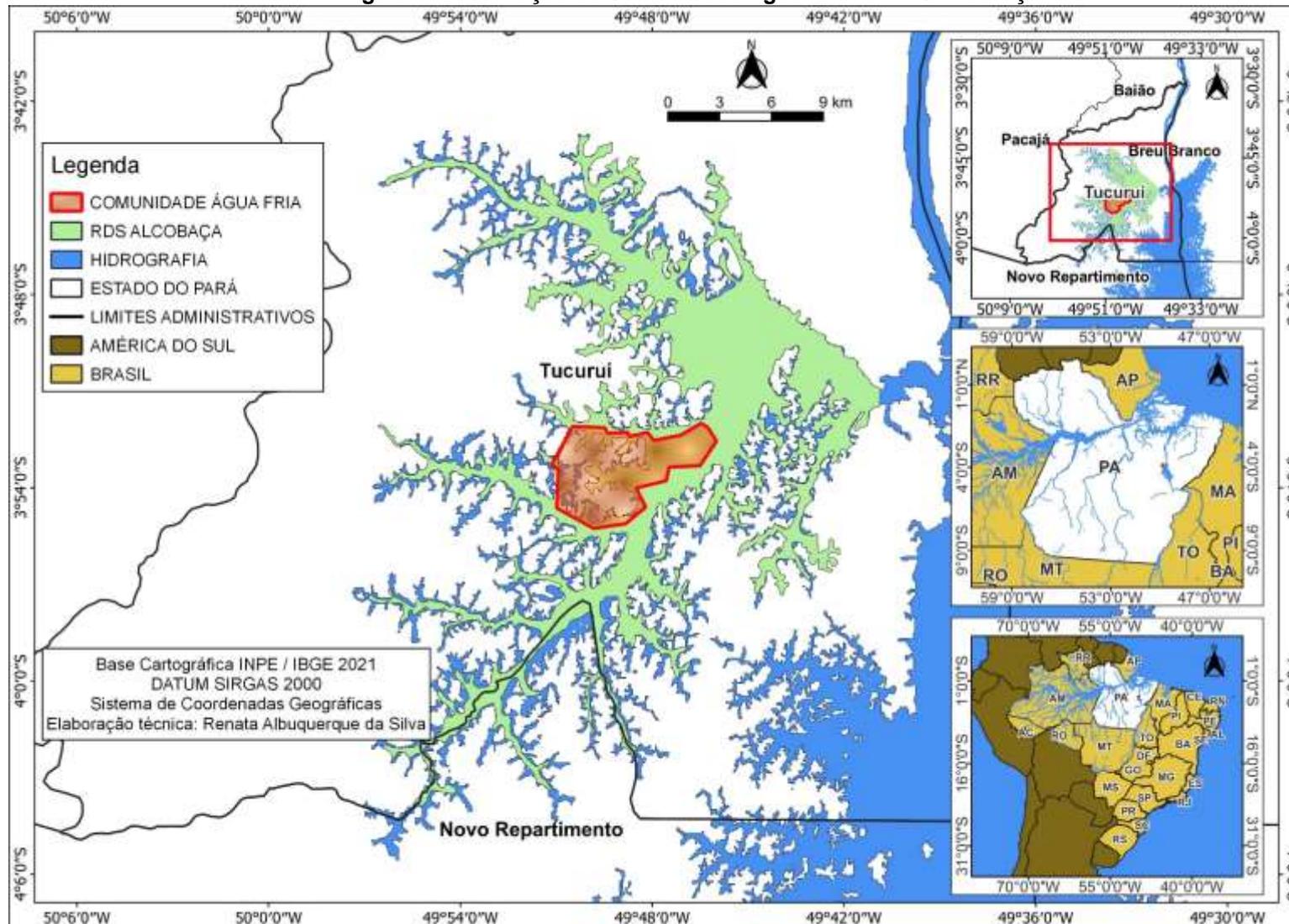
A pesquisa será realizada na Comunidade Água Fria e seu entorno, localizada na RDS Alcobaça, no reservatório da UHE Tucuruí (figura 7). A Comunidade Água Fria, no rio Caraipé, possui uma localização mais centralizada em relação às demais, sendo considerada comunidade pólo pela população das ilhas e pelos órgãos que realizam a gestão do espaço. Outro fator relevante é a sua proximidade com o porto do Km 11, principal acesso à cidade de Tucuruí e local onde é realizada a comercialização do pescado.

A Comunidade Água Fria é atingida pelos períodos de cheia e seca do reservatório. Antes da época de alta precipitação, a vazão da água no reservatório é ampliada e a cota do reservatório decrescida para suportar o grande volume de água. No início da seca, as comportas são fechadas para evitar diminuição na produção de energia (CINTRA et al., 2014).

O clima da região se categoriza como equatorial super-úmido, tipo Ami, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26° C, média máxima em torno de 32,0° C e mínima de 22,7° C (SEPOF, 2011). O clima apresenta duas estações bem definidas: um período chuvoso de janeiro a abril quando ocorrem as maiores precipitações pluviométricas com chuvas intensas e o período de maior estiagem que ocorre de agosto a outubro (NEVES JÚNIOR, 2018). Na região que compreende o município de Tucuruí, registra-se uma média total anual de precipitação de 2.427mm. Os ventos que predominam na região, são os do quadrante norte, com velocidade média situada entre 14 e 17km/h (SANCHES, FISH, 2005).

A rede de drenagem hidrográfica do Lago inclui os rios: Tocantins, Jacundá, Pucuruí, Caraipé, Jaú, Valentin, Lontra e Bacurí. Há também uma série de pequenos rios e igarapés: Saboga, Remansinho, Castanheira, Praia Alta, Cajazeiras, Pitinga, Cocal, Da Direita, Vinte e Quatro, Tira Chapéu e Água Fria, nomes que têm importância como referência geográfica para a população ribeirinha. Grande parte destes pequenos cursos d'água foi alagada após a formação do Lago ou só aparece em períodos de grande deplecionamento (SECTAM, 2000; CMB, 2000).

Figura 7: Localização da Comunidade Água Fria na RDS Alcobaça.



De acordo com inventários realizados pela SECTAM (2000) e ELETRONORTE (2005), a vegetação que predomina na região das ilhas é a floresta tropical úmida. Nas margens e ilhas do Lago pode se encontrar várzeas, floresta de galeria e floresta de diques, próprias de ambientes com presença de corpos d'água e inundados, apresentando espécies como a Sumaúma (*Ceiba pentandra*) e palmáceas típicas de ambientes úmidos como as do gênero *Euterpe* e *Mauritia*. Nas matas densas sobressaem-se no estrato dominante espécies como as Castanheiras (*Bertholletia excelsa*) e nas matas abertas o babaçu (*Orbignia oleifera*). Nos platôs a vegetação é de porte mais reduzido e nas encostas é de mata aberta tipo cipóal ou *liana forest*. Foram registradas na região a ocorrência e 551 espécies e plantas, distribuídas em 81 famílias. No entanto, com o passar dos anos e o avanço das ações antrópicas, a região vem perdendo seu potencial extrativista.

4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Foram realizados, inicialmente, pesquisa de campo observacional para identificação e registro fotográfico do local de estudo, e levantamento bibliográfico relacionado aos impactos da construção da UHE de Tucuruí, do enchimento e ocupação do reservatório, sensoriamento remoto, cobertura vegetal e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI. Posteriormente, foram empregadas, de forma majoritária, técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) divididas em etapas, tais como: aquisição de imagens Landsat 8, Landsat 7, Landsat 5 e Landsat 4.

A seleção das imagens orbitais LANDSAT foi realizada utilizando a plataforma digital da Divisão de Geração de Imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (U.S.G.S. – *United States of Geological Survey*) nos meses de julho, agosto e setembro no período de 1990 à 2020, com intervalo de dois anos, período que compreende o pós enchimento do reservatório.

Foi determinado um polígono para delimitação do local de estudo, com 4 coordenadas geográficas. As séries Landsat-8 (a partir de 2013), Landsat-7 (a partir de 1999) e Landsat-5 (1984 a 2013) foram selecionadas e utilizadas devido ao seu

período de operação e disponibilização de imagens no período. Então, foi realizada busca no banco de dados (Figura 8) e os resultados foram analisados e selecionados considerando:

- Intervalos temporais: 1990 – 1992 – 1994 – 1996 – 1998 – 2000 – 2002 – 2004 – 2006 – 2008 – 2010 – 2012 – 2014 – 2016 – 2018 – 2020.
- Incidência de menos de 20% de nuvens (MELO et al., 2011);
- Qualidade da imagem (boa observação da superfície);
- Imagens captadas nos meses de julho, agosto e setembro, por ser um período seco e com pouca presença de nuvens (NEVES JÚNIOR, 2018).

Figura 8 – Determinação de Satélites e Quadrante da Área de Estudo.

The image shows a screenshot of a satellite search interface. On the left, there is a table with four rows of coordinates, each with a search icon and a red 'X' icon. Below the table are buttons for 'Use Map', 'Add Coordinate', and 'Clear Coordinates'. To the right of the table are tabs for 'Date Range', 'Cloud Cover', and 'Result Options'. The 'Date Range' section shows a search from 07/01/1990 to 09/30/2020, with search months set to July, August, and September. The 'Cloud Cover' section shows a range of 0% - 20% and a dropdown for 'Unknown Cloud Cover Values' set to 'Included'. On the right side, there is a tree view of satellite data sets, including 'Landsat C2 U.S. Analysis Ready Data (ARD)' and 'Landsat Collection 2 Level-2', with sub-items for 'Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2', 'Landsat 7 ETM+ C2 L2', and 'Landsat 4-5 TM C2 L2'. At the bottom right, there is a satellite image of a forest with a red rectangular overlay indicating the study area.

Fonte: A autora.

Foram consideradas imagens pós enchimento do reservatório, pois durante o enchimento do reservatório, grande extensão de cobertura vegetal foi submersa, impactando significativamente na paisagem da área de estudo. Após o enchimento, quando as pessoas voltaram a ocupar as ilhas formadas, novos tipos de alterações na paisagem foram acontecendo, alterando mais uma vez esta paisagem. Este estudo

aborda estas as alterações antrópicas de paisagem e cobertura vegetal ocorridas após o enchimento do reservatório, relacionadas à ocupação do território.

As imagens selecionadas possuem órbita 224, ponto 63, a projeção em UTM, DATUM SIRGAS 2000, zona 22 sul. Foram consideradas imagens com boa qualidade e poucas nuvens no local de estudo, sendo possível a observação da superfície do local de estudo. A análise temporal foi realizada considerando o período de 1990 a 2020, com intervalo de dois anos. A seleção das imagens considerou os registros dos meses de julho, agosto e setembro, no entanto para cada ano foi escolhida apenas uma imagem, considerando a melhor visualização da superfície de estudo. As cenas selecionadas estão listadas na tabela 3.

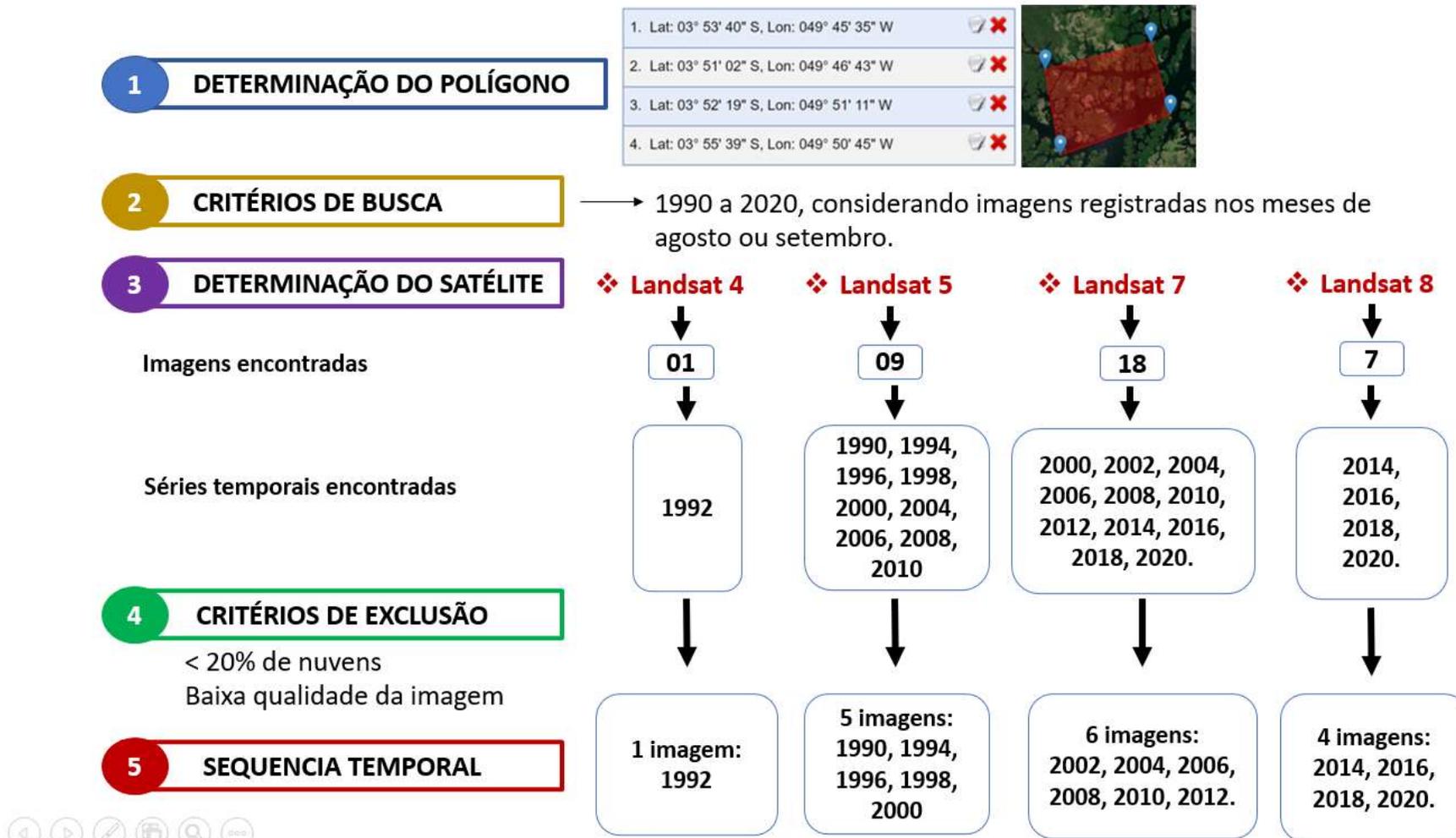
Tabela 3: Relação de cenas Lanosa utilizadas para cálculo NDVI

ANO	CENA
1990	LT05_L2SP_224063_19900719_20200916_02_T1
1992	LT04_L1TP_224063_19920801_20200914_02_T1
1994	LT05_L2SP_224063_19940730_20200913_02_T1
1996	LT05_L2SP_224063_19960719_20200911_02_T1
1998	LT05_L2SP_224063_19980725_20200908_02_T1
2000	LT05_L2SP_224063_20000916_20200906_02_T1
2002	LE07_L1TP_224063_20020914_20200916_02_T1
2004	LE07_L1TP_224063_20040802_20200915_02_T1
2006	LE07_L1TP_224063_20060808_20200914_02_T1
2008	LE07_L2SP_224063_20080930_20200912_02_T1
2010	LE07_L1TP_224063_20100803_20200911_02_T1
2012	LE07_L1TP_224063_20120707_20200908_02_T1
2014	LC08_L2SP_224063_20140705_20200911_02_T1
2016	LC08_L2SP_224063_20160827_20200906_02_T1
2018	LC08_L2SP_224063_20180716_20200831_02_T1
2020	LC08_L2SP_224063_20200806_20200916_02_T1

Fonte: Própria autora.

As imagens obtidas durante o período definido justificaram-se por ser o período com imagens disponíveis no sítio do USGS que continham a menor cobertura de nuvens, menor instabilidade atmosférica gerada por ausência de circulações de grande escala, não interferindo no mapeamento das temperaturas de superfície. A figura 9 sistematiza o processo de obtenção e seleção de imagens. Ao todo, foram utilizadas 14 imagens, de julho a setembro de 1990 a 2020.

Figura 9 – Processo de obtenção de imagens orbitais do local de estudo.

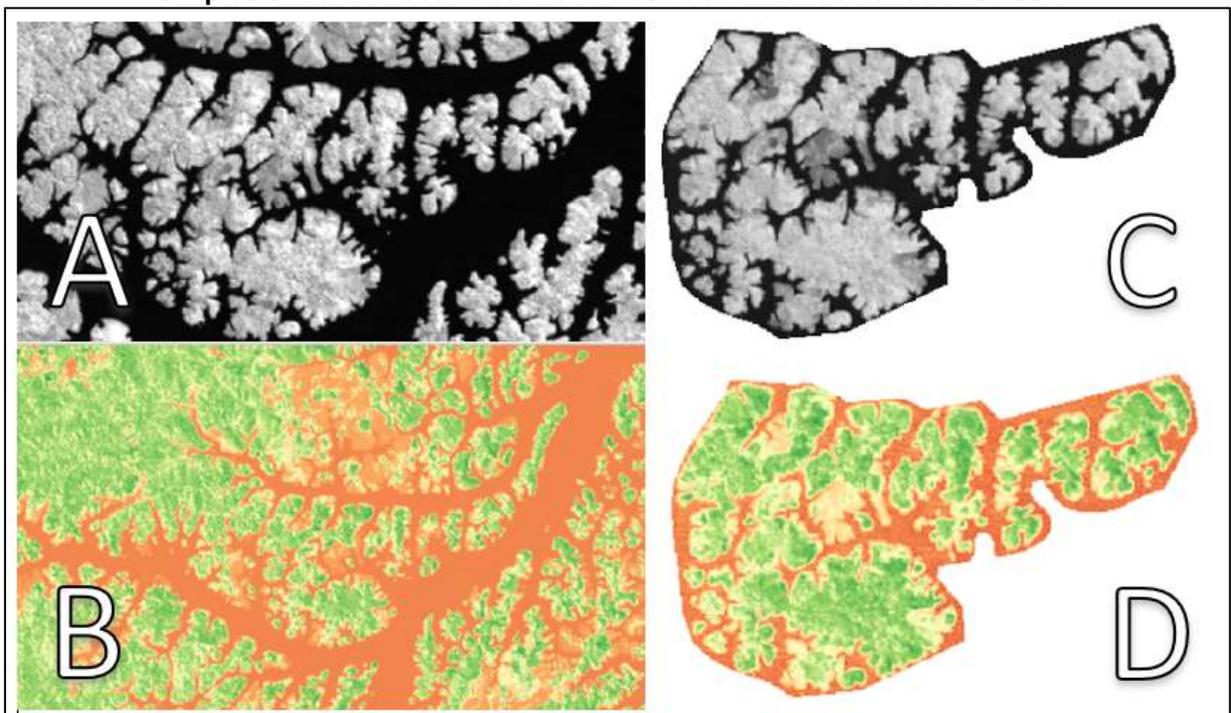


Fonte: Própria autora.

A segunda etapa realizada foi a composição das bandas espectrais das imagens obtidas no software QGIS 3.16.14 - Hannover. Para as imagens dos satélites Landsat 7, Landsat 5 e Landsat 4, foram utilizadas a combinação de bandas espectrais (Banda 3 e Banda 4) e para as imagens do Landsat 8, foram utilizadas as bandas espectrais (Banda 4 e Banda 5). Posteriormente, foram realizados a correção atmosférica; cálculo NDVI, produção de mapas e análise estatística.

A área de estudo foi recortada e renderizada, considerando os critérios de banda simples falsa-cor, modo quartil e 6 classes (RdYIGn) para compor a visualização colorida da vegetação local (figura 10). O processo de correção radiométrica é necessário devido às imagens de diferentes bandas de um mesmo sensor, e de sensores diferentes, não estarem na mesma escala de números digitais, sendo preciso corrigir as imagens radiometricamente antes do processo de classificação, ou seja, convertê-las para imagem reflectância (Ponzoni et al, 2015).

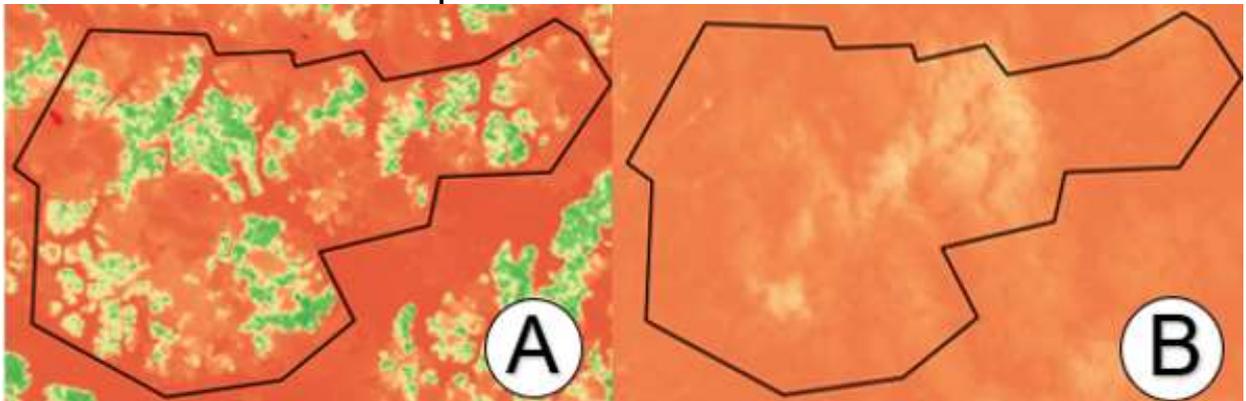
Figura 10 – A. Combinação espectral 3 e 4 utilizando banda simples cinza. B. Combinação espectral 3 e 4 utilizando banda falsa cor. C. Recorte da área de estudo utilizando banda simples cinza. D. Recorte da área de estudo utilizando banda falsa cor.



Fonte: Própria autora.

Para realizar o cálculo de NDVI, foram selecionadas as bandas 3 e 4 da imagem de satélites Landsat 4, Landsat 5 e Landsat 7; e bandas 4 e 5 do satélite Landsat 8. Ambas obtidas no *Earth Explore* e utilizado pelo software QGIS 3.16.14 – Hannover, pois possui disponível a função referente ao *Raster Calculator*. Após gerar NDVI de cada ano, realizou-se novamente a renderização da camada. Com relação aos anos de 1998 e 2002, as imagens foram excluídas das análises devido a presença de muitas nuvens no perímetro evidenciada pela coloração avermelhada (figura 11), impossibilitando a visualização da superfície (em verde) da área de estudo e para que estas não influenciassem nas métricas a ser calculadas.

Figura 11 – A. Imagem da combinação espectral em agosto de 1998. B. Imagem da combinação espectral em setembro de 2002.



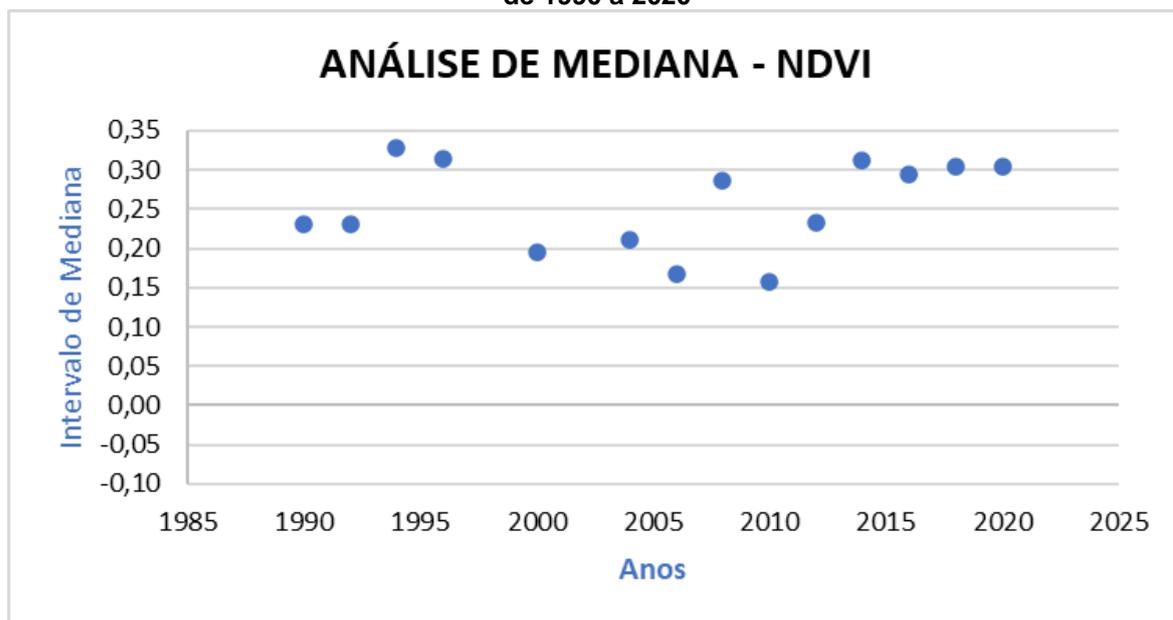
Fonte: Própria autora.

Foi gerado um mapa e realizado análise estatística no software, na função análise estatística zonal, para cada ano da série temporal. Considerou-se os valores de mediana para análise de dados no modelo de regressão linear simples, com auxílio do software Excel, versão 2019. Com os resultados gerados foram criados gráficos para ilustração e entendimento das mudanças ocorridas na cobertura vegetal da Comunidade Água Fria, na RDS Alcobaça.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens de NDVI do trecho da Comunidade Água Fria, foram geradas em período de maior estiagem e com o lago cheio, nos meses de julho, agosto e setembro. Os valores de NDVI não apresentaram alterações significativas com o passar dos anos ($F_{1,12} = 0,40$ e $P = 0,53$), indicando que durante nos anos analisados não houve redução na cobertura vegetal significativa sobre o solo (figura 12).

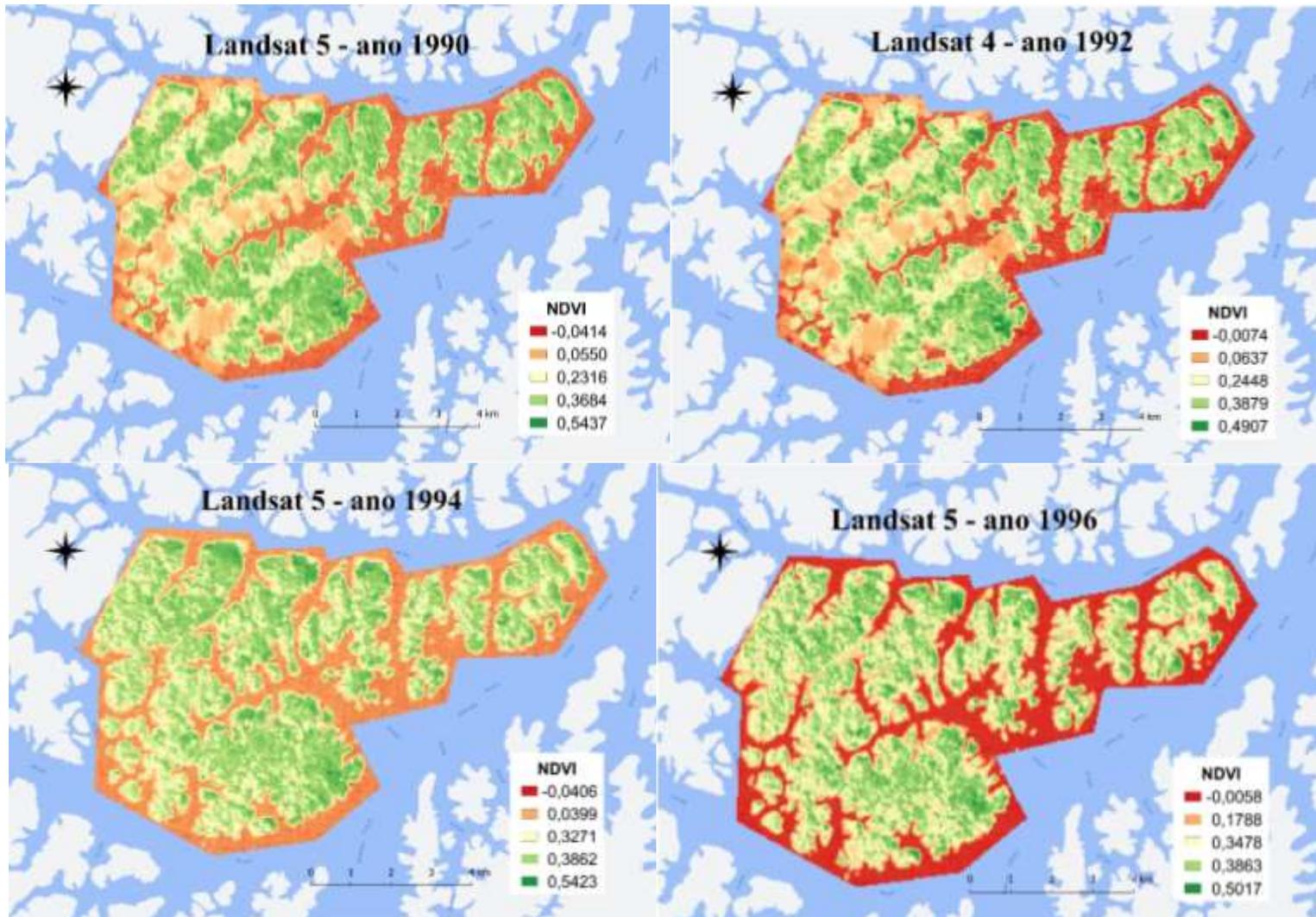
Figura 12 – Relação entre a mediana do NDVI estimado na comunidade água fria entre os anos de 1990 a 2020



Fonte: Própria autora.

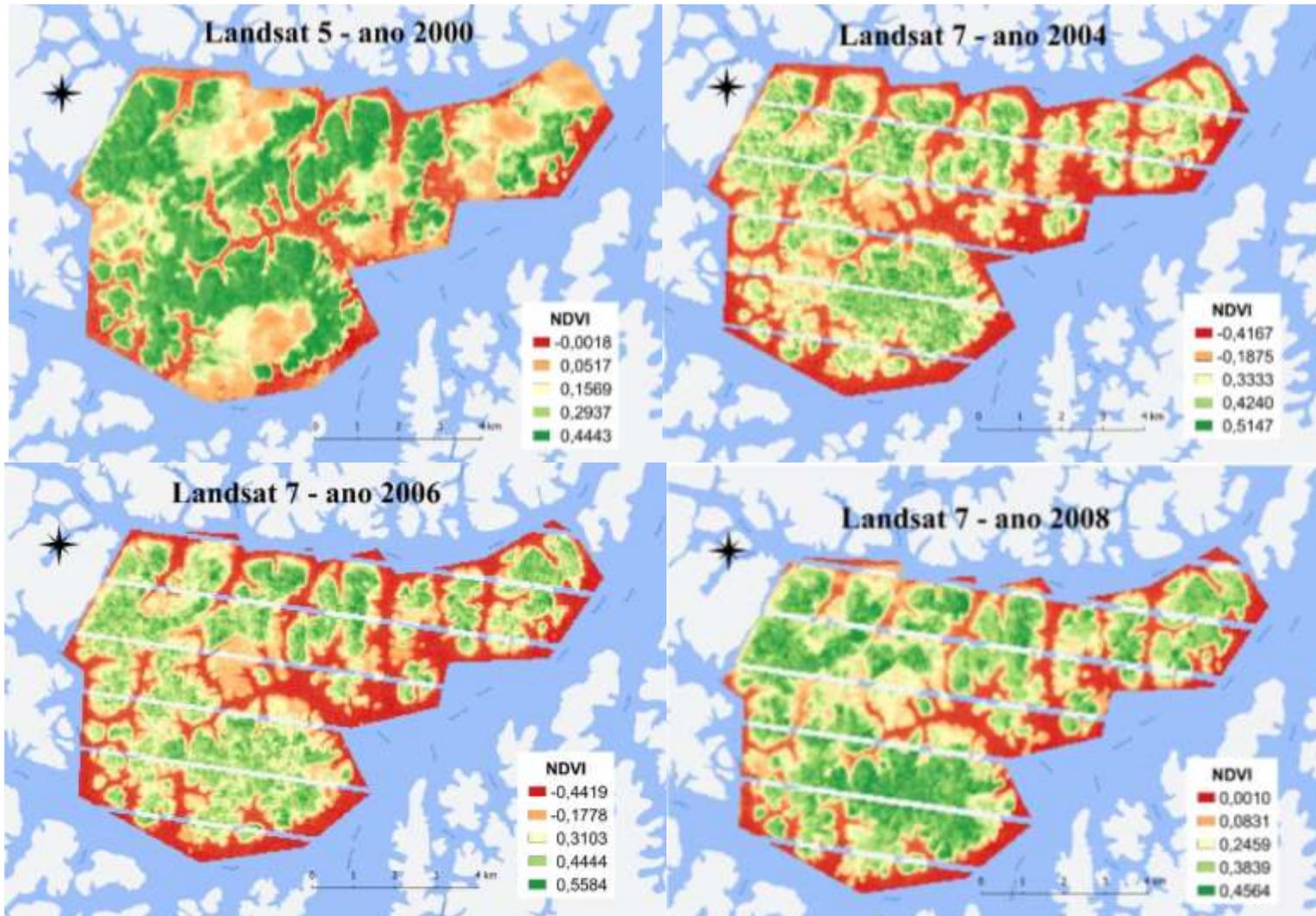
O NDVI, por sua vez, está associado com ao maior vigor e densidade da cobertura vegetal, onde seus valores variam de -1 à 1, quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal, e quanto mais próximo de -1, menor a densidade da vegetação (POLONIO, 2015; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Neste estudo, as áreas com vegetação mais íntegra correspondem à coloração verde e as áreas sem atividade vegetal está representada pela coloração vermelha, as áreas intermediárias estão representadas nas três classes intermediárias (Fig. 13, 14, 15).

Figura 13: Mapas de NDVI dos anos 1990, 1992, 1994, 1996.



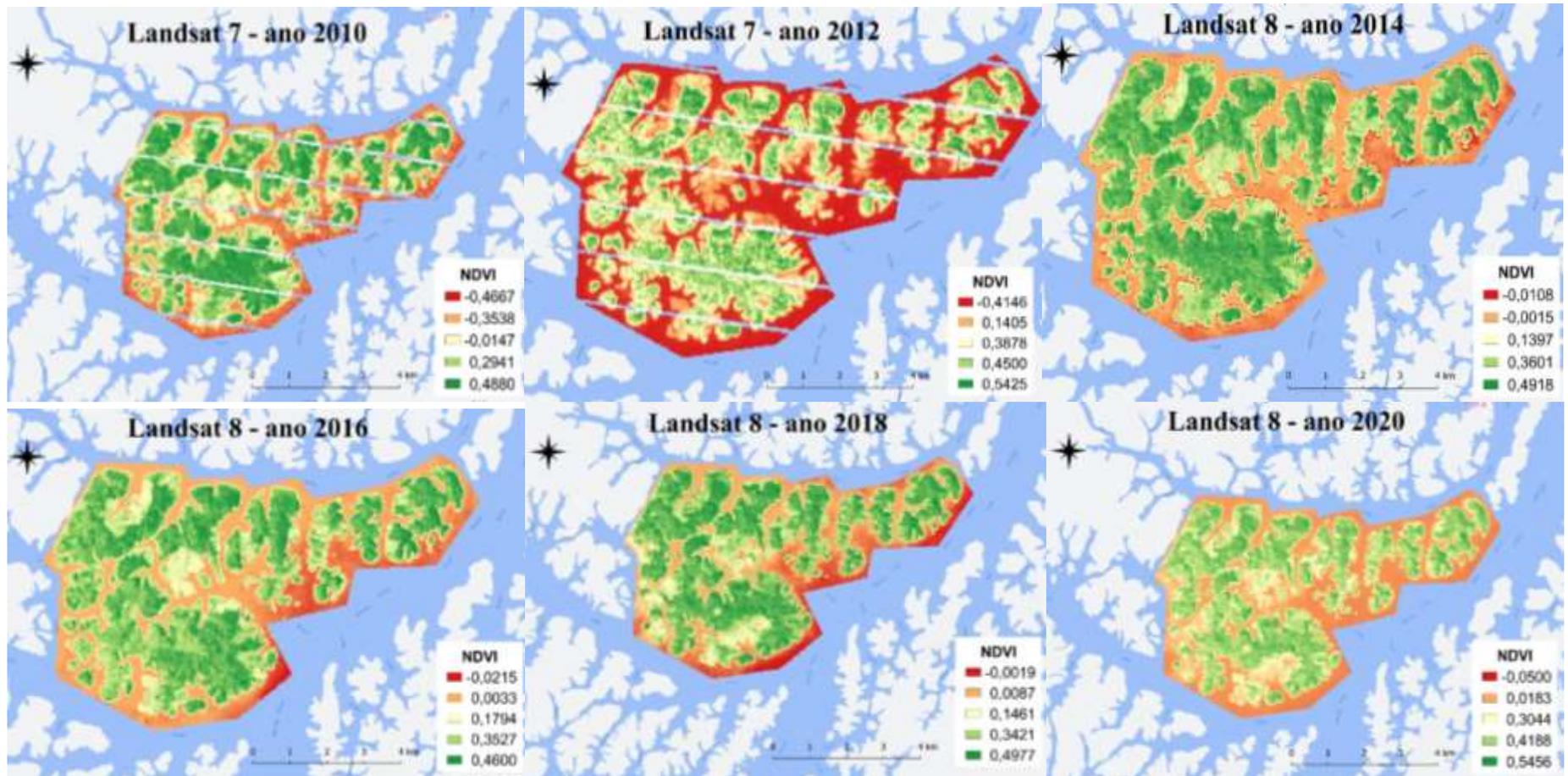
Fonte: Própria autora.

Figura 14: Mapas de NDVI dos anos 2000, 2004, 2006, 2008.



Fonte: Própria autora.

Figura 15: Mapa de NDVI dos anos 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020.



Fonte: Própria autora.

Ao realizar a análise dos mapas, observa-se pouca alteração na distribuição das classes ao longo dos anos (Fig. 13, 14 e 15). Apesar de haver uma perda gradual da vegetação e aumento de solo exposto ao longo do tempo, os valores referentes à vegetação mais densa não apresentaram diminuição ao longo dos anos. Lopes e colaboradores (2020), identificaram no município de Tucuruí um crescimento crescente de solo exposto de 1980 a 2015, como consequência a diminuição da vegetação nativa. De 1996 a 2001, Tucuruí foi o município com menos área de desflorestamento, apresentando uma redução de vegetação nativa equivalente a 42,46 km² (VASCONCELOS; NOVO, 2004).

Atualmente, existe uma concordância de que as alterações temporais no uso e cobertura da terra são as maiores condutoras de mudanças ambientais locais, regionais e globais, pelo fato de sua intervenção agir diretamente nas condições climáticas, a partir da remoção da cobertura vegetal original, nos ciclos biogeoquímicos, na biodiversidade e, o mais importante, sobre as atividades humanas (SANTOS et al., 2017).

Fragal et al., (2018) observou que ao analisar de bandas espectrais e índices de vegetação NDVI para a reconstrução histórica da alteração da floresta de várzea do Baixo Amazonas através de série temporal Landsat, as trajetórias espectro-temporais com valores de NDVI identificaram os eventos ocorridos e foram diretamente ligados aos agentes causadores naturais ou antrópicos. Alguns autores sugerem a definição de um limiar de mudança entre as classes estabelecidas ao se empregar o NDVI, conforme salientam alguns autores (ROGAN et al., 2002; Lu et al. 2005).

A pesquisa de campo permitiu identificar áreas antrópicas não agrícolas, áreas antrópicas agrícolas, áreas de vegetação e águas na área de estudo. As áreas antrópicas não agrícolas (fig. 16) na comunidade Água Fria compreendem as áreas urbanizadas (que incluem as escolas, moradias, locais de turismo e lazer). Sendo predominantemente formada por moradias de pescadores, estas localizadas à margem do reservatório.

Figura 16: A. Escola Pólo na Ilha Palmos. B. Moradia de pescador – Comunidade Água Fria.



Fonte: Própria autora.

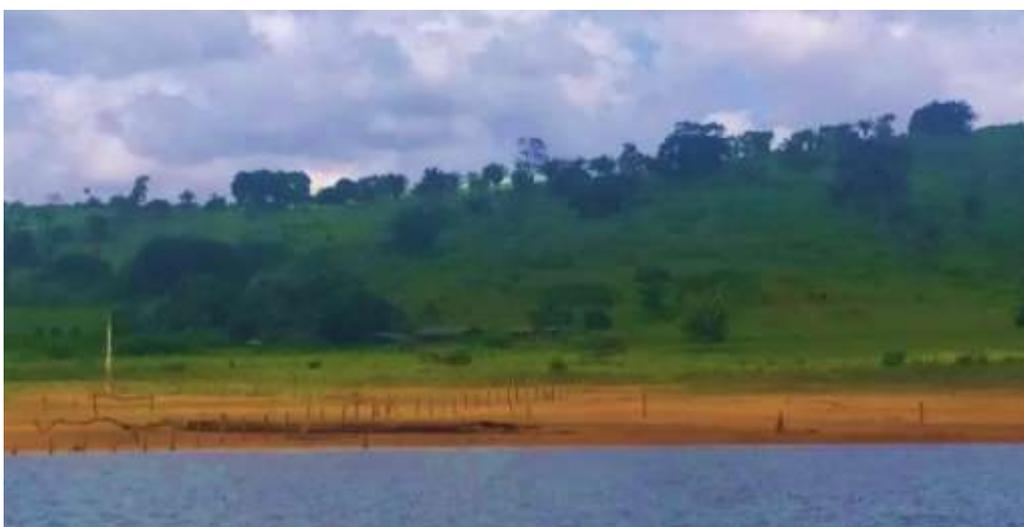
As áreas antrópicas agrícolas são compreendidas por lavouras temporárias, lavouras alimentares de subsistência, pecuária praticada em pequenas e médias propriedades nas ilhas (fig. 17 e 18), gerando mudanças na paisagem. A cobertura florestal no entorno do reservatório de Tucuruí tem sofrido modificações devido aumento da conversão de áreas de floresta em pasto (MONTTOYA; LIMA; ADAMI, 2018). As áreas de vegetação natural, apesar de presentes, são em sua maioria, de mata secundária (Figura 18).

Figura 17: Fazenda de gado em ilha da Comunidade Água Fria.



Fonte: Própria autora.

Figura 18: Margem desmatada.



Fonte: Própria autora.

É necessário realizar estudo do uso do solo nas áreas de proteção ambiental como forma de mensurar as mudanças ocorridas nestes espaços que são ocupados e utilizados pela população para as mais diversas atividades. Algumas delas, como a pecuária, são responsáveis pelo desmatamento de grandes áreas de floresta. Por se tratar de um espaço de preservação, é preciso o monitoramento constante, assim como a construção de ações efetivas para reduzir a perda vegetal nestes espaços, e assim, garantir da preservação da qualidade da água e da biodiversidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da geração das imagens NDVI da área de estudo pode-se perceber que houve não redução significativa da cobertura vegetal ao longo dos anos, considerando o pós enchimento do reservatório. Haja vista, a maior alteração da paisagem ocorreu na década de 80, com a construção da usina. As mudanças ocorridas a partir da década de 90 são decorrentes da ocupação das ilhas formadas no reservatório.

Neste estudo foi utilizada uma única imagem Landsat por ano, considerando a que possuía menos interferência de nuvens e devido a resolução temporal e a alta cobertura de nuvens na região do entorno do reservatório de Tucuruí, foram poucas ou nenhuma imagem sem a presença de nuvens ou fumaça. O sensoriamento remoto utilizando imagens Landsat se mostraram satisfatória na obtenção dos resultados encontrados.

Por fim, pode-se concluir que o sensoriamento remoto, por meio da geração de imagens NDVI, é uma ferramenta muito útil para mapear a degradação da cobertura vegetal em uma linha temporal, servindo assim, como uma ferramenta no auxílio do monitoramento de desmatamento em áreas de proteção ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N. J. R. **Saberes da pesca em unidade de conservação**: os pescadores da RDS Alcobaça no Lago da Usina hidrelétrica de Tucuruí/PA. 2016. 221 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Belém, 2016. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/8922>. Acessado em 15 nov. 2021.

ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; GOMES, D.; TEIXEIRA, A. H. D. C. Análise Espacial e Multitemporal do Padrão de Fragmentação Florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São João. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu. **Anais...** v. d, p.6917–6922, 2013.

ARAÚJO, R.; LENÁ, P. **Desenvolvimento sustentável e sociedades na Amazônia**, Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 2010.

ARAÚJO, A. R. DE O. **Os Territórios Protegidos e a Eletronorte na área de influência da UHE Tucuruí / PA**. 2008. 147 f. Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

ARRAES, C. L.; ROCHA, A. M.; MORAES, R. A.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; ZANATA, M. Estimation of Deforestation Rate in Bannach Municipality, Pará State-Amazon, Using Images Landsat5/Tm. **Revista de Ciências Agrárias** (Lisboa), v. 32, n. Dezembro, p. 231–243, 2010.

BARATA, C. J. B. DINÂMICA DEMOGRÁFICA E REDISTRIBUIÇÃO POPULACIONAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA HIDRELÉTRICA DE TUCURUÍ. XVI Simpósio Nacional de Geografia Urbana. **Anais...** p.118–138, 2019.

BARATA, A. S. do N. **Ambiente e Ordenamento do Território**: A Questão Ambiental dos Desmatamentos em Áreas Protegidas na Amazônia. Estudo de caso na RDS (Reserva de Desenvolvimento Sustentável) Alcobaça, Tucuruí-Pará-Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/17976>. Acesso em 20 nov. 2021.

BARBOSA, M. S. L.; BARBOSA, R. S. L.; KNOECHELMANN, C. M.; PEZZUTI, J. B.; OLIVEIRA, A. C. M. “**Antes havia muito peixe que nós dávamos para os nossos cachorros, eles eram roliços, hoje em dia até para nós tá difícil**”: Reflexão Sobre os Conflitos no Uso dos Recursos Pesqueiros pelos Ribeirinhos do Lago Tucuruí - PA. In: Seminário Internacional – Amazônia e Fronteiras do Conhecimento. NAEA - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - 35 ANOS, Belém, 2008.

BARLOW, J.; LENNOX, G. D.; FERREIRA, J.; et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, 535:144-147. 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature18326>. Acesso em: 03 abr. 2021.

BARROS, G. V. P.; et al. Eficiência de Redes Neurais Artificiais na Classificação de Uso e do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Japaratuba - SE. **Revista Brasileira de**

Meteorologia [online], v. 35, n. spe. pp. 823-833. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-7786355000009>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 8, p. 255–283, 1977.

BETTS, M.G.; WOLF, C.; RIPPLE, W. J.; PHALAN, B.; MILLERS, K. A.; DUARTE, A.; BUTCHART, S. H. M.; LEVI, T. Global forest loss disproportionately erodes biodiversity in intact landscapes. **Nature**, 547(7664): 441-444. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28723892>. Acesso em: 03 abr. 2021.

BORGES, G. F.; RAJÃO, R. G. L. Projeto Radam: (Re)Descobrimo o Projeto de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Mapeamento da Amazônia. **Revista FSA (Faculdade Santo Agostinho)**, v. 13, p. 3-17, 2016. DOI:10.12819/2016.13.6.1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309568350_Projeto_Radam_ReDescobrimo_o_Projeto_de_Sensoriamento_Remoto_Aplicado_ao_Mapeamento_da_Amazonia. Acesso em: 03 abr. 2021.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o novo código florestal brasileiro. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 10 nov de 2021.

_____. **Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012a. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 202, 18 outubro 2012. Seção 1, p.1. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em 10 nov de 2021.

BROVKIN, V., CLAUSSEN, M., DRIESSCHAERT, E. et al. Biogeophysical effects of historical land cover changes simulated by six Earth system models of intermediate complexity. **Clim Dyn** 26, 587–600. 2006.

CÂMARA, G.; DAVES, C. **Fundamentos de geoprocessamento**. São José dos Campos, INPE. 2017.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**, p. 1-5, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

CANAVESI, V.; PONZONI, F. J.; VALERIANO, M. M. Estimativa de volume de madeira em plantios de Eucalyptus spp. utilizando dados hiperespectrais e dados topográficos. **Revista Árvore [online]**. 2010, v. 34, n. 3 pp. 539-549. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300018>>. Acessado 01 dez. 2021. ISSN 1806-9088. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300018>.

CARDOSO, A. S.; TOLEDO, P. M. DE; VIEIRA, I. C. G. Barômetro Da Sustentabilidade Aplicado Ao Município De Moju, Estado Do Pará. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 1, p. 234–263, 2016.

CARVALHO, E.; NOGUEIRA, J.; RODRIGUES, W. Mensuração dos Impactos Ambientais de Empreendimentos Hidroelétricos: O uso do Método de Valoração Contingente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 2, p. 39–45, 2009.

CASTRO, I.E.; GOMES, P. C. C.; CORREA, L. C. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

CHEN, G.; POWERS, R.P.; CARVALHO, L.M.T. MORA, B. Spatiotemporal patterns of tropical deforestation and forest degradation in response to the operation of the Tucuruí hydroelectric dam in the Amazon basin. **Applied Geography**, 63: 1-8. 2015. ISSN 0143-6228. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.06.001>. Acesso em 20 out. 2021.

COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. **Estudo de Caso: UHE Tucuruí – Relatório Final**. Laboratório Intedisciplinar de Meio Ambiente. Instituto de Pesquisa e Pós- Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. LIMA/COOPE/UFRJ. 2000.

COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. **Estudo de caso da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Brasil): relatório final da fase de escopo**. Rio de Janeiro. 1999.

CINTRA, I.; FLEXA, C. A Pesca No Reservatório Da Usina Hidrelétrica De Tucuruí, Amazônia, Brasil. **Acta Pesca e Aquicultura**, v. 1, p. 57–78, 2014.

COSTA, J.M.; FLEURY, M. F. O Programa “Municípios Verdes”: estratégias de revalorização do espaço em municípios paraenses. **Revista Ambiente e Sociedade**, 18 (2), São Paulo, Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, pp. 61-76. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n2/pt_1414-753X-asoc-18-02-00059.pdf . Acessado em abril de 2016.

COSTA, O. B.; MATRICARDI, E. A. T.; PIRES, J. S. R. Análise do Processo de Fragmentação da Floresta nos Municípios de Corumbiara e Buritis - RO. **Floresta Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 334-344, 2015.

COSTA, W. D. **Geologia de barragens**. São Paulo: Oficina de Texto, 2012. 521 p.

DO VALE, F. A. F.; TOLEDO, P. M. DE; VIEIRA, I. C. G.; SANTOS JUNIOR, R. A. O. Sustentabilidade municipal no contexto de uma política pública de controle do desmatamento no Pará. **Economía Sociedad y Territorio**, v. xx, p. 55–87, 2019.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; 2004.

ELETRONORTE - **Centrais Elétricas do Norte do Brasil**. Página oficial da empresa na Internet. Meio Ambiente - Link com textos sobre programas ambientais da UHE Tucuruí. Disponível em: http://www.eln.gov.br/meio_ambiente/site_novo/superintendencia.htm#ciclo1. 2005. Acessado em 15/11/2021.

ESTEVES, A. O.; SOUZA, M. P. Avaliação Ambiental Estratégica e as Áreas de Proteção Ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. especial, p. 77-86, 2014.

FARIAS, M. H. C. S.; BELTRÃO, N. E. S.; SANTOS, C. A. DOS; PIMENTA, L. B. Potencial do Cadastro Ambiental Rural (CAR) no controle do desmatamento em assentamentos: um estudo no município de Novo Repartimento (PA). Os Desafios

da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 14, p. 7246–7258, 2017.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395–400, 2006.

FEARNSIDE, P. M. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. **Environmental Management**, v. 24, n. 4, p. 483–495, 1999.

FERNANDES, R.R. 2012. **Uso de geotecnologias no mapeamento do uso da terra e estudo de itoisnomias em áreas úmidas na região do Médio Araguaia**. 2012. 90 f. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso. 2012.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo, Oficina de Textos. 128 p. 2011.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. Wiley & Sons Ed., New York. 1986.

FRAGAL, E. H. **Dinâmica de queimadas em áreas úmidas protegidas e relações com fatores ambientais e antrópicos: o Parque Nacional de Ilha Grande (PR-MS)**. 2018. 144 f. Tese (doutorado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, 2018, Maringá, PR.

GÜLERSOY, A. E. Farkli Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Arazi Örtüsü/Kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa Merkez İlçesi Örneği (1986-2010). **Turkish Studies: International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic**, Turquia, v. 8, n. 8, p. 1915-1934, ago. 2013.

HEROLD, Martin; SKUTSCH, Margaret. Monitoring, reporting and verification for national REDD + programmes: two proposals. **Environ. Res. Lett.**, [s.l.], v.6, n. 1, p.1-11. 2011

HOFFMANN, R. B.; DE LIMA, S. V.; DA SILVA HOFFMANN, G. S.; DE ARAÚJO, N. S. F. Efeito do uso do solo sobre a macrofauna edáfica. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 125–133, 2018.

HUXMAN, T. E.; SMITH, M. D.; FAY, P. A.; KNAPP, A. K.; SHAW, R.; LOIK, M. E.; SMITH, S. D.; TISSUE, D. T.; ZAK, J. C.; WELTZIN, J. F.; POCKMAN, W. T.; SALA, O. E.; HADDAD, B. M.; HARTE, J.; KOCH, G. W.; SCHWINNING, S.; SMALL, E. E.; WILLIAMS, D. G. Convergence across biomes to a common rain-use efficiency. **Nature**, [S.I.], v. 429, n. 6992, p. 651-654, 2004.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Brasília, DF [2021?]. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>> Acesso em: 03 abr. 2021.

JATOBÁ, S. U. S. **Gestão do território e a produção da socionatureza nas ilhas do lago de tucuruí na amazônia brasileira**. 2006. 318 f., il. Tese (Doutorado em

Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em:https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3105/1/2006_SergioUlissesSilvaJatob%c3%a1.pdf. Acessado em 15 nov. 2021.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ª ed., São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LIU, W. T. H; **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 1-908.

LOPES, L. DE N. A.; LIRA, B. R. P.; TEIXEIRA, L. C. G. M.; COSTA, L. DOS S.; SOUSA, A. A. DO N. Análise da variabilidade da precipitação frente às mudanças no uso da terra no município de Tucuruí-PA. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e186932726, 2020.

LORENZZETTI, J. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. 2015.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, pp. 2365-2407, 2004.

MANYARI, W.V.; CARVALHO, Jr, O. A. Environmental considerations in energy planning for the Amazon region: Downstream effects of dams. **Energy Policy**, ed. 35, vol 12: 6526-6534. 2007.

MARCON, A. K. **Reservatório de hidrelétrica e o clima local: estudo dendroecológico e da dinâmica da paisagem**. 2019. 171 f. Dissertação de mestrado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

MELO, E. T.; SALES, M. C.L.; OLIVEIRA, J. G. B.. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 23, nov. 2011. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919>>. Acesso em: 21 dez. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v23i0.24919>.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? In: **Biota Neotropica**. Campinas/SP, v1, n1, dez. 2001.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistema: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto (Coleção Novas Abordagens, n.3), 2000.

MONTOYA, A.D.V.; LIMA, A.M. de M.; ADAMI, M. Mapeamento e Análise Temporal da Paisagem no Entorno do Reservatório de Tucuruí-PA. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 412, n.2. p. 553-567. 2018. Disponível em:<<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13013>> Acesso em 25 nov. 2021. Doi: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_553_567.

MORALES-HERNANDEZ, J. C.; CARRILLO-GONZÁLEZ, F.; FARFÁN-MOLINA, L.; CORNEJO-LÓPEZ, V. Cambio de Cobertura Vegetal en la Región de Bahía de Banderas, México. **Caldasia**, Bogotá, v.38, n. 1, p. 17-9, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322016000100002&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 21 nov. 2021. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>.

NEVES JÚNIOR, Walter Luís Teixeira. **Análise da variabilidade climática na região de integração lago de Tucuruí, estado do Pará.** 2018. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Geoprocessamento) – Campus Universitário de Ananindeua, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2018. Disponível em: <http://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/446>. Acesso em: 30 set. 2021.

NEVES, A. K.; KÖRTING, T. S.; FONSECA, L. M. G.; ESCADA, M. I. S. Assessment of terra-class and map-biomas data on legend and map agreement for the Brazilian amazon biome. **Acta Amazonica**, v. 50, n. 2, p. 170–182, 2020.

OLIVEIRA, V. G. DE; SILVA, M. T.; SANTOS, C. A. C. Temporal variability of land cover in paraíba and rio grande do norte states. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 1, p. 125–136, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-77863610011>>. Acesso em 01 Jan 2021. ISSN 1982-4351.

OLIVEIRA, G.C.M.; FREITAS, M.A.V. Análise de correlações entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e dados hidrometeorológicos do entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí-PA utilizando imagens Landsat-5 TM. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR.** INPE. 0771 – 0776 p. João Pessoa-PB, Brasil. 2015.

PARÁ. **LEI Nº 6.451 de 8 de abril de 2002.** Cria Unidades de Conservação da Natureza na região do Lago de Tucuruí no território sob jurisdição do Estado do Pará, e dá outras providências. Palácio do Governo, 8 de abril de 2002.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014.

PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ. **Meio ambiente: Pedologia.** 2017. Disponível em: <http://www.seidurb.pa.gov.br/pdm/tucurui/pedologia_A3.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2021.

POLONIO, V. D. **Índices de vegetação na mensuração do estoque de carbono em áreas com cana-de-açúcar.** 2015. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Energia na Agricultura). Universidade Estadual paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. 2007. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** 1ª ed. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2007.

PONZONI, J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2015. 176 p.

RAMOS, J. P. **Análise comparativa entre uso e qualidade do solo na área do reservatório da UHE – Tucuruí com base nos atributos físicos e químicos.** 2018. 106 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental - Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2018.

RAMOS, Y. S.; PEDROZA, J. P. Áreas degradadas por erosão próximas ao reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga PE. XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal-RN, 4 a 7 de novembro. **Anais...** ABRH, 2014.

RECH, C. C. C.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; et al. Avaliação da Restauração Florestal de uma APP Degradada em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, v. 22(2), p.194-203, 2015.

RIBEIRO, R.E.P.; ÁVILA, P.L.R.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, E.G.; SOUSA, L.F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, p.798-807, 2014.

ROCHA, G. M; ARAÚJO, A. R. O. **Unidades de Conservação em Tucuruí/PA como instrumento de Gestão Territorial**. 2008. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT2-604-34320080523212649.pdf>>. Acesso em 08 maio de 2021.

RODRIGUES, E. L. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do vale do Rio Itapeçerica, alto São Francisco, em Minas Gerais. Tese (Doutorado). Belo Horizonte: Instituto de Geociências - UFMG, 2013.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. Mercator. **Revista de Geografia da UFC**, ano 1, n. 1, p. 95-112, 2002.

ROGAN, J.; FRANKLIN, J.; ROBERTS, D. A. A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 80, n. 1, p. 143-156, 2002.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM**, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1973. v.1, p.309-317.

SANCHES, F.; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí -PA. **Acta Amazonica [online]**. 2005, v. 35, n. 1 pp. 41-50. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000100007>>. Epub 05 Jul 2005. ISSN 1809-4392. Acessado 21 nov. 2021.

SANTOS, E. S. ZANELLO, S. **Análises Físico-Químicas Das Águas E De Solos Do Rio Canguiri**. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1701-8.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

SANTOS, F.A.A.; ROCHA, E.J.P.; SANTOS, J.S. Dinâmica da Paisagem e seus Impactos Ambientais na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 5, 2019.

SANTOS, L. A. C.; BATISTA, A. C.; MARQUES NEVES, C. O.; et al. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins,

utilizando imagens Landsat. **Revista Agro@Mambiente on-line**, v. 11, n. 2, p. 111, 2017.

SANTOS, F. A.; OLIVEIRA, W. A. S.; Aplicação Do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para avaliação da Cobertura Vegetal do Entorno do Açude Caldeirão, em Piripiri (Pi), Brasil. **Revista Equador** (UFPI), vol. 4, nº 2, p. 114 – 127. 2015.

SANTOS, L. R. **A dinâmica socioespacial de Tucuruí a partir da construção da Usina Hidrelétrica**. 2014. 53 f. Monografia de graduação em Geografia. Universidade de Brasília, DF, 2014.

SEABRA, V. S.; CRUZ, Uso do sensoriamento remoto na avaliação de alterações dos estados dinâmicos da paisagem da bacia hidrográfica do Rio São João. **Revista Brasileira de Cartografia (Online)**, V. 66/2, p. 303-320, 2014.

SEBUSIANI, H. R. V.; DO CARMO BETTINE, S. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 1, p. 256–285, 2011.

SECTAM - Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente (Pará). **Macrozoneamento da Área de Influência a montante do Lago-Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí**. Documento base – 2ª versão. Belém. 2000.

SILVA, A. S. O. DA; GONDIM, M. C.; MARTINS, D. G.; REIS, A. R. S. Características da vegetação remanescente em torno do complexo da UHE de Tucuruí, Pará, Brasil. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2017.

SILVA, S. F.; MENDES, N. G. S.; BERMUDEZ, W. L.; SANTOS, A. R.; GARCIA, G. O. Análise espacial dos fragmentos florestais da sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata em Ibirajú e Aracruz – ES, Brasil. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 1, p. 121-132, 2015.

SILVA, L. C. T.; RODRIGUES, T. W. P.; FARIAS, T. P. Mapeamento do uso e cobertura da terra em áreas desflorestadas no município de Paragominas - PA nos anos de 1991 e 2008. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 6659- 6663.

SILVA, W. de S.; VIEIRA, V. de C. B. Evolução multitemporal do uso e cobertura do solo no município de Uruçuí-Pi. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. **Anais...**, João Pessoa, p. 1-9, PB. 2007.

SIQUEIRA, M. N. **Influência do Efeito de Borda, da Perda de Habitat e de Fatores Abióticos na Estrutura da Comunidade Lenhosa em Fragmentos de Cerrado Denso na Alta Bacia do Rio Araguaia**. 2016. 108 f. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás. 2016.

SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S.; FARIA, K. M. S. Geografia e ecologia da paisagem: pontos para discussão. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 3, p. 557–566, 2013.

SIMÕES, M.; FERRAZ, R.P.D.; ALVES, A.O. Integridade ecossistêmica a partir de dados de sensoriamento remoto e redes bayesianas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 3, p. 541-559, 2017.

SOARES, F.M. **Unidades de relevo como proposta de classificação das paisagens da bacia do rio Curu, Estado do Ceará**. 2001. Tese de Doutorado em Geografia, USP/FFLCH, São Paulo, 2001.

SOUSA, G. B. de; CAMPOS, L. P.; SILVA JUNIOR, J. F. da; GUIMARÃES, G. S. C.; Parâmetros físicoquímicos das águas da bacia do Rio Gurguéia- PI. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. Pombal - PB . v. 12, n. 1, jan-dez, 2018. p.01-06.

TABACOW, J. W.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento aplicado à análise da fragmentação da paisagem na Ilha de Santa Catarina. **Geoprocessamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011, pp. 35-68.

TENÓRIO, C,R., LIMA, A,M,M. Indicadores de eficiência do Plano Diretor Municipal de Tucuruí-Pa. **Revista de Geografia (UFPE)** V. 30, No. 3, 2013. Disponível em <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229085/23491>. Acesso: 24 de nov de 2021.

TUNDISI, J. G. Prefácio, IN: Santos, J.E.; Moschini, L.E.; Zannin, E.M. Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, planejamento e percepção.v.3. São Carlos: **Rima**, 2010.

TURNER, M. G. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of 3 transition models. **Landscape Ecology**, v. 1, p. 27-39, 1987.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra em Paisagem no Interior do Estado de São Paulo: Subsídios para o planejamento. **Fronteiras: journal of social, technological and environmental science**, v. 4, p. 16-30, 2015.

VAEZA, R. F. et al. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro**, v.12, n.1, p. 23-29, 2010. Disponível em: <http://www.floram.org/files/v17n1/v17n1a3.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2021.

VASCONCELOS, C. H.;NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens-fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **Acta Amazonica [online]**. 2004, v. 34, n. 3, pp. 487-493. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000300014>>. Acessado em 22 out. 2021. ISSN 1809-4392. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000300014>.

VIGANÓ, H. A.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. **Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR.Curitiba - PR, 2011.