



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS DA NATUREZA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

KENIA KAROLINE SOUSA DA CRUZ

**ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO ALTO
CURSO DO RIO PARAÍBA PÓS IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE
INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - (PISF)**

João Pessoa – PB

2023

KENIA KAROLINE SOUSA DA CRUZ

**ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO ALTO
CURSO DO RIO PARAÍBA PÓS IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE
INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - (PISF)**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Programa de Graduação em Geografia - Departamento de Geociências, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Geografia da Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza.

Coorientadora: M^a. Camilla Jerstica da Silva Santos

João Pessoa – PB

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C957a Cruz, Kenia Karoline Sousa da.

Análise do uso e cobertura da terra na bacia do alto curso do rio Paraíba pós implementação do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) / Kenia Karoline Sousa da Cruz. - João Pessoa, 2023.

66 P. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza.

Coorientação: Camilla Jerstica da Silva Santos.

TCC (Curso de Bacharelado em Geografia) -
UFPB/CCEN.

1. Rios semiáridos. 2. Vegetação. 3. Sensoriamento remoto. 4. Dinâmica fluvial. 5. Uso da terra. I. Souza, Jonas Otaviano Praça de. II. Santos, Camilla Jerstica da Silva. III. Título.

UFPB/CCEN

CDU 91(043.2)

ANEXO 4



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE GEOGRAFIA

Resolução N. 01/2021/CCBLG/CCEN/UFPB

PARECER DO TCC

Tendo em vista que o aluno (a)
Remya Karoline Sousa do Carmo
(X) cumpriu () não cumpriu os itens da avaliação do TCC previstos no artigo 25º da
Resolução N. 01/2021/CCBLG/CCEN/UFPB somos de parecer (<) favorável ou
() desfavorável à aprovação do TCC intitulado:

ANÁLISE DO USO E ~~COBERTURA~~ COBERTURA DA TERRA
NA BAIJA DO ALTO CURSO DO RIO PARAIBA PÓS
IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO
SÃO FRANCISCO - (PISEF)

Nota final obtida: 9,5

João Pessoa, 31 de OUTUBRO de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Jonas Souza

Professor Orientador

Professor Co- Orientador (Caso exista)

Victor Hugo R. Coelho

Membro Interno Obrigatório (Professor vinculado ao Curso)

Elaine Danick Silva Araújo

Membro Interno ou Externo

AGRADECIMENTOS

Estou realmente realizada com este trabalho, especialmente ao escrever os agradecimentos. Sou grata por estar cercada de pessoas incríveis em minha vida e valorizo imensamente essas conexões afetivas, especialmente após enfrentar 5 anos de graduação extremamente desafiadores, agravados por um desgoverno genocida e pela pandemia da COVID-19. Ter uma rede de apoio faz toda a diferença e ser uma presença positiva na vida das pessoas que amo é o que me completa.

Meus pais, Damião e Jocenae, que foram meu acaento ao longo dessa jornada acadêmica, apoiando-me nos momentos de alegria e tristeza. São minha casa, meus momentos de descontração e minha calma na rotina caótica. Suas palavras de afirmação e demonstrações diárias de orgulho e amor me fortaleceram imensamente. Com pais como vocês, o mundo parece menos assustador. Por tudo isso, meu sincero agradecimento; graças a vocês, eu sei o que é ser o porto seguro de alguém.

Minha irmã Giovanna, mesmo estando na maioria das vezes em outra cidade devido aos estudos, sempre fez questão de estar presente, mesmo que não fisicamente. Nossas conversas surtadas, que iam de choros a risadas, foram fundamentais para manter o foco no presente e lembrar o que era realmente importante nessa trajetória acadêmica. Você e Hugo foram essenciais, mais do que imaginam para esse momento. Então, meu sincero agradecimento; é graças a vocês que sei o que é lealdade.

Ao meu amor, Helamã. É difícil expressar em poucas palavras a imensidão dos meus sentimentos por você, construir o TCC sem o seu apoio e companheirismo teria sido extremamente mais difícil. Você esteve presente nos meus melhores e piores momentos, testemunhando de perto minha luta contra a ansiedade e os impactos que ela teve sobre mim no final do curso. Quando o processo de escrita parecia insuportavelmente pesado, você estava ao meu lado, torcendo e vibrando a cada folha redigida. Por tudo isso, meu sincero agradecimento; é graças a você que descobri o verdadeiro significado do amor.

Para minhas melhores amigas de infância, Isabel Monteiro e Eunice Silva, agradeço por esses anos de amizade e cumplicidade. Vocês são a família que escolhi para compartilhar minhas conquistas e frustrações. Aprendo muito com vocês diariamente, são uma das minhas maiores fontes de inspiração, mulheres incríveis que admiro e sinto imenso orgulho. Sou grata por tê-las em mais uma etapa da minha vida. E que venham anos e mais anos de amizade.

Para o melhor trio da geografia (X3), Camila Jérssica (Minha Co - orientadora maravilhosa) e Stephanie Medeiros (Rainha dos Solos), vocês são as amigas mais preciosas que construí durante a graduação. Nosso apoio emocional mútuo é algo surreal, e foi essencial para enfrentarmos os desafios acadêmicos. Vocês são valiosas em meu percurso universitário, e me alegro que tudo isso tenha vindo para nossas vidas pessoais.

Aos maravilhosos Faulindos - André Trigueiro, Cleytiane Santos, Marina Nogueira e Vinícius Novo - vocês foram fundamentais para minha formação profissional. Nossa parceria

de trabalho se transformou em uma amizade que preservo com orgulho. Todas as experiências vividas com vocês foram enriquecedoras. Obrigada por tudo, é incrível ter vocês fazendo parte de tudo isso.

Quero agradecer também ao outro grupo de amigas que a geografia me proporcionou - Bárbara França, Kerolaide Bianca, Micaele Silva e Nelcilene Lima. Compartilhar a graduação com vocês foi uma honra. Admiro muito vocês, são mulheres incríveis, acadêmicas e amigas maravilhosas. Levo cada uma de vocês para sempre no meu coração, contem comigo.

Aos colegas de turma que iniciaram em 2017.1 comigo, desejo sucesso em suas trajetórias. Especialmente àqueles com quem convivi mais de perto: Arthur Ribeiro, Matheus Cassiano, Olívio Neto, Livia Maria e Lucas Dantas.

Quero agradecer ao melhor grupo de estudos da geografia, que me acolheu desde o P1. Vocês foram essenciais para minha formação e agradeço a cada membro e ex-membro do GEAFS que tive o prazer de conhecer.

Também sou grata a todos os colegas de curso com quem convivi nas monitorias das disciplinas de Teoria e Método e Geografia e Cartografia Temática. Essas experiências foram especiais e marcantes em minha graduação.

Quero agradecer ao Professor Alexandro de Medeiros, por toda sua ajuda nas burocracias que envolveram meu estágio na SCCON, junto a Universidade. Se não fosse ele, talvez não tivesse dado certo. E não apenas quanto a experiência profissional, mas também para minha saúde mental, ter tido a experiência desse estágio me ajudou muito nessa reta final do curso e a sair do limbo da pandemia.

Aos docentes da geografia, sem exceção, meu agradecimento por contribuírem diretamente para minha formação. Aproveitei as oportunidades e experiências com vocês, o que me ajudou a crescer como acadêmica e pessoa.

Um agradecimento especial a minha psicóloga Amanda Cornélio. Cheguei em seu consultório aflita, pois estava mudando de profissional, e no primeiro dia, conseguimos estabelecer uma conexão e confiança incrível. Grata por tudo, com certeza você é parte essencial nesse meu processo final.

E por fim, e não menos importante, quero agradecer ao meu orientador Dr. Jonas Otaviano. Um dos melhores pesquisadores da nossa geração, uma pessoa incrível, e ainda por cima, apaixonado por gatos (haha). Pude aprender constantemente desde que começamos a trabalhar juntos, sua generosidade com o conhecimento é verdadeiramente admirável e digna de reconhecimento.

RESUMO

A compreensão da bacia hidrográfica como um objeto espacial de pesquisa para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, tanto quantitativamente quanto qualitativamente, revela um sistema complexo. Essa complexidade é ampliada na região semiárida devido à dinâmica intermitente dos rios e aos longos períodos de estiagem. O Projeto de Transposição do Rio São Francisco (PISF) foi elaborado para impactar diretamente as reservas de água e atender às necessidades sociais e econômicas das regiões beneficiadas, sendo uma delas o foco deste estudo: a Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba. Este trabalho levanta questões com o objetivo de compreender as mudanças decorrentes dessa intervenção significativa. Para atingir esse objetivo, foram empregados diversos métodos, incluindo a classificação do canal principal com base na metodologia de estilos fluviais, o reconhecimento e a espacialização de obras civis no canal (como pontes e passagens molhadas), análise de dados de estações pluviométricas e fluviais na bacia no período de 2009 a 2021, análise do uso da terra e da cobertura vegetal na bacia usando o banco de dados do MapBiomas e identificação de mudanças biogeomorfológicas em um trechos amostral do canal, por meio de interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas. Os resultados obtidos revelam que a partir de 2017, os dados de vazão sofrem uma mudança comportamental. A constância do fluxo no canal principal permanece estável durante os meses secos, o que é incomum no contexto de rios intermitentes. No trecho amostral BAP - 1, ocorrem mudanças na morfologia do canal, incluindo aumento da vazão e estruturas de mobilidade (passagens molhadas), resultando em desvio do canal. O uso da terra para fins agropecuários, nas planícies de inundação, precede a construção do PISF, mas observa-se uma diminuição no ciclo agrícola devido ao aumento da umidade disponível no canal. Os resultados do GRVI indicam que a cobertura vegetal do trecho BAP - 1 pode ser dividida em áreas de cultivo, solo exposto, gramíneas, plantas herbáceas e pequenos arbustos.

Palavras-chave: Rios semiáridos; Vegetação; Sensoriamento remoto; Dinâmica fluvial; Uso da terra.

ABSTRACT

Understanding the watershed as a spatial research object for water resource planning and management, both quantitatively and qualitatively, reveals a complex system. This complexity is heightened in the semiarid region due to the intermittent dynamics of rivers and extended periods of drought. The São Francisco River Transposition Project (PISF) was designed to directly impact water reserves and meet the social and economic needs of the benefiting regions, one of which is the focus of this study: the Upper Paraíba River Watershed. This work raises questions aimed at understanding the changes resulting from this significant intervention. To achieve this goal, various methods were employed, including the classification of the main channel based on fluvial style methodology, recognition and spatialization of civil works in the channel (such as bridges and wet passages), analysis of rainfall and river station data in the watershed from 2009 to 2021, analysis of land use and vegetation coverage in the watershed using the MapBiomas database, and the identification of biogeomorphic changes in a sample section of the channel through satellite image interpretation and aerial photographs. The results obtained reveal that from 2017, flow data undergo a behavioral change. The constancy of flow in the main channel remains stable during the dry months, which is unusual in the context of intermittent rivers. In the sampled section BAP - 1, there are changes in the channel's morphology, including increased flow and mobility structures (wet passages), resulting in channel diversion. Land use for agricultural and livestock purposes in floodplains predates the construction of PISF, but there is a decrease in the agricultural cycle due to increased available moisture in the channel. The results of the GRVI indicate that the vegetation cover in the BAP - 1 section can be divided into cultivation areas, exposed soil, grasses, herbaceous plants, and small shrubs.

Keywords: Semi-arid rivers; Vegetation; Remote sensing; River dynamics; Land use.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Médias mensais de precipitação e vazão de 2009 a 2021.....	27
Tabela 02: Comportamento de precipitação e vazão de 2009 a 2021.....	38
Tabela 03: Comportamento de precipitação e vazão de 2009.....	40
Tabela 04: Comportamento de precipitação e vazão de 2015.....	43
Tabela 05: Comportamento de precipitação e vazão de 2021.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Chaves de interpretação de imagens.....	31
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de Localização do Alto Curso do rio Paraíba.....	23
Figura 02: Unidades Litológicas do Alto Curso do Rio Paraíba.....	24
Figura 03: Mapa Altimétrico e de Declividade do Alto Curso do Rio Paraíba.....	25
Figura 04: Passagem molhada localizada no município do Congo, PB.....	30
Figura 05: Ponte localizada no município de Monteiro, PB.....	30
Figura 06: Mapa de estilos fluviais do alto curso do rio Paraíba.....	36
Figura 07: Mapa de uso e cobertura do solo de 2009 do alto curso do rio Paraíba.....	43
Figura 08: Mapa de uso e cobertura do solo de 2015 do alto curso do rio Paraíba.....	46
Figura 09: Mapa de uso e cobertura do solo de 2021 do alto curso do rio Paraíba.....	49
Figura 10: Mapa de uso e cobertura do solo de 2012 Trecho - BAP – 1.....	52
Figura 11: Mapa de uso e cobertura do solo de 2017 Trecho - BAP – 1.....	53
Figura 12: Mapa de uso e cobertura do solo de 2020 Trecho - BAP – 1.....	55
Figura 13: Aplicação do índice GRVI ano de 2021 Trecho - BAP – 1.....	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
2.	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral.....	11
2.2	Objetivos Específicos.....	11
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3.1	Dinâmica fluvial semiárida.....	12
3.2	Convívio com seca, impedimentos de transmissão e mudanças hidrológicas.....	16
3.3	Sensoriamento Remoto aplicado ao monitoramento de mudanças ambientais.....	19
4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	23
5.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
6.	RESULTADOS E DISSCUSSÕES.....	35
6.1	Estilos fluviais.....	35
6.2	Análise da precipitação e vazão entre os anos de 2009 e 2021.....	38
6.3	Análise do uso e cobertura da terra em relação a dinâmica de precipitação e vazão dos anos de 2009, 2015 e 2021.....	40
6.4	Fotointerpretação e aplicação de GRVI em trecho amostral.....	48
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do processo histórico de construção, estabelecimento e organização da sociedade no espaço geográfico, é possível perceber, as adaptações que diferentes grupos sociais precisaram criar a partir das adversidades ambientais encontradas no meio em que estavam inseridos. No semiárido, a situação tornasse ainda mais complexa, visto a dinâmica intermitente dos rios e períodos prolongados de estiagem, que podem gerar momentos de escassez hídrica severa. O Projeto de Transposição do rio São Francisco - (PISF) foi planejada para atuar diretamente nas reservas hídricas e suprir as demandas sociais e econômicas das regiões beneficiadas, sendo uma delas o objeto de análise desse trabalho, a Bacia de hidrográfica do Alto curso do rio Paraíba - (BAP).

Compreender a bacia hidrográfica como objeto espacial de pesquisa para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, buscando analisar seus aspectos de forma quantitativa e qualitativa, é entender que se trata de um sistema com elementos em constantes e complexas interações. Nessas inter-relações, processos históricos, econômicos, culturais e sociais são gravados na paisagem fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Ligado a isso, no semiárido, a agricultura segue a sazonalidade do ambiente, com exceção das áreas com irrigação que estabelece uma temporalidade específica para as culturas. O cultivo geralmente é realizado no começo do período chuvoso e colhida no período seco, após isso, esses ambientes são transformados em pastos. Essa atividade econômica passou a ganhar força ao longo da história, a fim de conseguir extrair da terra tudo que fosse possível. Algumas espécies de vegetação exótica foram introduzidas no semiárido, para dá continuação as atividades econômicas, alimentando o rebanho nas estiagens mais severas, sendo o caso da algaroba (SILVA *et. al* 2016).

As planícies de inundação são os ambientes mais afetados pela remoção total da vegetação nativa, que dá lugar ao uso agrícola. Isso decorre das suas características geomorfológicas, pois trata-se de uma área plana, periodicamente inundada pelas águas que extravasaram o canal de drenagem, que favorece a deposição e permanência de materiais proveniente do rio (BORGES; FERREIRA, 2019; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). As planícies de inundação são compostas por sedimentos finos, água e ricas em matéria orgânica, formando os solos aluviais, com níveis altos de pedogênese. Podem ou não ter áreas irrigáveis, mas sendo comum encontrar a agricultura de sequeiro, principalmente usadas por comunidades

que habitam a área e possuem baixo aporte tecnológico para uso na agricultura (SOUZA *et. al* 2015).

Essas atividades se tornam gatilhos para fragilidade ambiental nesses espaços, gerando desequilíbrio, e compondo um ambiente sensível a mudanças, principalmente nos períodos chuvosos, em que as modificações ambientais se tornam mais intensas e visíveis. Portanto, a remoção total da vegetação nativa ou em estágios iniciais de crescimento após o desmatamento, e principalmente algumas culturas pouco estruturadas, tornam essas planícies de inundação vulneráveis. De modo que, as chuvas de média ou baixa intensidade são o suficiente para gerar o escoamento superficial, em que a taxa de infiltração do solo é menor que a de precipitação, e a erosão laminar carrega todo material sedimentar da superfície para a calha fluvial, levando a erosão das margens e assoreamento do canal (SILVA *et al.* 2019).

Além dos usos da planície de inundação, as obras viárias surgem também como geradores de impacto no sistema fluvial. Essas construções civis aparecem como soluções para a população, possuindo diferentes finalidades de uso, se destaca a função relacionada a mobilidade, seja de indivíduos ou de mercadorias. No semiárido nordestino, é comum identificar algumas obras de engenharia, comumente conhecidas como passagens molhadas, desempenhando tanto a finalidade de pontes como também de barragens, tendo com finalidade acumulação de água, para fins agrícolas ou não (CAVALCANTE, 2012). Levando esses fatos em consideração, o PISF, visto sua magnitude, passar exercer influência também nas obras de construção civil – (O.C.C), que por sua vez, atua sob a dinâmica fluvial, seja na sobrecarga de sedimentos no canal, devido aos barramentos, desvios de trechos para as obras, novas estradas rurais para acesso e aumento no fluxo de deslocamento.

Portanto, o presente trabalho traz consigo questionamentos que visam compreender as mudanças ocorridas após essa grande intervenção: i) analisando parâmetros de uso e ocupação do solo, mediante informações espaço temporais, pré e pós PISF, ii) identificando as mudanças que afetaram a dinâmica hidrológica desse ambiente não perene, iii) compreendendo o que aconteceu no uso agrícola das áreas e na evolução da mobilidade nesse processo de transformação da paisagem ambiental, e avaliando como as mudanças hidrológicas afeta a logística de deslocamento das comunidades. Tais questões são norteadoras da pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar cenário atual da bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba com o uso de sensoriamento remoto, mediante análise qualitativa e quantitativa dos elementos integradores da paisagem fluvial do semiárido brasileiro.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar variações biogeomorfológicas;
- Identificar as variações hidrológicas;
- Analisar uso e ocupação da terra.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, foram trabalhados bases conceituais que auxiliaram na sustentação teórica e desenvolvimento da pesquisa. Sendo estes responsáveis por corroborar na hipótese do estudo, servindo de base para a análise da paisagem fluvial do semiárido brasileiro. O principal conceito norteador é a dinâmica ambiental através da perspectiva sistêmica.

3.1 Dinâmica fluvial semiárida

A teoria geral dos sistemas, consolidado por Bertalanffy (1975), se debruçou a construir uma perspectiva que sobrepujasse o modelo cartesiano, de forma a abarcar diferentes campos do conhecimento, trazendo profundidade as análises ambientais, surgindo assim, a ideia sistêmica. A abordagem sistêmica parte do pressuposto de que o todo é maior que a soma das partes. Morin coloca que *“A ideia de sistema remete para unidade complexa do todo inter-relacionado, para os seus caracteres e as suas propriedades fenomênicas. A ideia de organização remete para a disposição das partes num, em um, e por um todo.”* (1977, p. 101 e 102).

Uma nova concepção de mundo começa a surgir, formando um método de análise antirreducionista, em que os elementos não são analisados isoladamente. Partindo de análises holísticas e multidisciplinares, os sistemas ambientais passam a ser concebidos como sistemas caóticos e complexos, considerando variados níveis hierárquicos de organização, longe da estabilidade (CHRISTOFOLETTI, 1990; SOUZA, 2013; CUNHA E FREITAS, 2004).

A revolução teórica advinda da teoria de sistemas atinge a ciência geográfica, que adota a abordagem em sistemas, difundindo procedimentos, aplicações e noções nos estudos geográficos. Na geografia física, essa perspectiva de análise, surge aplicado aos sistemas ambientais físicos, através do conceito de complexidade, que se apresenta em elementos ambientais com atributos ou em estado “complexo” (CHRISTOFOLETTI, 1990).

Isto significa, que esses sistemas são compostos por inter-relações de diversos elementos, com distintos padrões, que se comportam de maneira não-linear, possuindo laços de retroalimentação negativos e positivos, com características específicas de fluxos de energia e matéria, compondo uma entidade organizada (CHRISTOFOLETTI, 1999; GOMES E VITTE, 2010).

No campo de estudo em ambientes fluviais, é imprescindível que se considere quatro conceitos fundamentais, como: uniformidade dos processos, limiares de mudança, evolução da paisagem e respostas complexas. A uniformidade dos processos, trata-se das leis físicas fixadas no espaço e no tempo. O limiar de mudança, vem a ser a quantidade de energia necessária atuante em um sistema o levando a uma alteração em seu funcionamento. A evolução da paisagem, refere-se ao ponto atual da paisagem e suas modificações no tempo, considerando as escalas geológicas e histórica. E as respostas complexas estão ligadas aos ajustes que o sistema realiza frente as mudanças endógenas e exógenas (MATTOS E PEREZ FLHO, 2004; SOUZA, 2013)

No sistema fluvial, a unidade de estudo bacia hidrográfica, é considerada como um recorte espacial de análise. Nela os padrões e processos são representativos de um sistema geomorfológico complexo, trazendo uma noção de espaço devido as interações ambientais e sociais que essa unidade permite através da abordagem sistêmica (SOUZA, 2013). Essa unidade apresenta características de um sistema aberto, em que os fluxos de energia e matéria (entrada do sistema) advém da precipitação e dinâmica tectônica. Enquanto a saída do sistema, apresenta-se através da perda de água, sedimentos e materiais solúveis (COELHO NETTO, 1998).

Schumm (1977) coloca que, a bacia hidrográfica possui divisões internas em seu funcionamento, reconhecidas em zonas: de produção, transferência e deposição. Mattos e Perez Filho (2004) propõe que esse recorte espacial é estruturado, a partir, de subsistemas, cuja interações resultam em um sistema organizado e integralizado, e seu funcionamento é consequência das inter-relações ocorridas desses elementos, não sendo coerente a condução de estudos isolados dessas partes. Pois é a partir do fluxo de energia, com a circulação da água e sedimentos, que a coesão é estabelecida no sistema fluvial, esses estão ocorrendo por entre os canais fluviais (CHRISTOFOLETTI 1990).

Diante das inúmeras possibilidades de pesquisas e aplicações sobre a dinâmica fluvial no semiárido, através dos estudos das bacias hidrográficas da região, o uso desse recorte como unidade de planejamento aplicado a gestão ambiental, fortalece ainda mais a necessidade de constates estudos. Considerando além dos processos hidrológicos, um leque de elementos surge, tais quais: aspectos biofísicos, análise e monitoramento das modificações de uso e cobertura da terra, consequências dessas mudanças e principais implicações no meio físico ambiental e social. Para isso é de suma importância que se compreenda as interações entre a

água, o sedimento, a vegetação, o clima e os impactos antrópicos (FRYIRS, 2016; SILVA; SOUZA, 2023).

A partir do entendimento dessas relações, compreende-se a dinâmica fluvial no semiárido, como uma região de regime pluviométrico de chuvas concentradas e de baixa frequência, com estiagens prolongadas. Vazões intermitentes, que vão de fases mínimas ou zero, há eventos de alta magnitude, tendo maiores probabilidades a situações de inundação que áreas úmidas, também são características, atreladas à litologia, são os principais impulsionadores dos processos modeladores da paisagem (ALLEN et al. 2020). Destaca-se ainda: elevada carga de sedimento no canal devido ao contexto de degradação ciliar ou vegetação esparsa presente, altas taxas deposicionais, devido à grande oferta de sedimentos, e a pequena capacidade de transporte desses sedimentos (SANTOS, 2020; SOUZA, 2013; BILLI et al., 2018).

Essas inter-relações são compreendidas como os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, podem ocorrer em duas direções predominantes, vertical e longitudinal. A precipitação e evapotranspiração representam o fluxo vertical, enquanto o escoamento superficial e subterrâneo, se expressam através do fluxo longitudinal (TUCCI E CLARCKE, 1997).

Os eventos de precipitação em terras secas, representam a principal contribuição de massa e energia nos canais fluviais (GRAFF, 1988; RIGHETTO *et al.* 2007). Essa ação é intensificada devido ao tipo de fluxo predominante no semiárido, sendo o escoamento hortoniano, ou seja, a velocidade de infiltração do solo é menor que a velocidade de precipitação.

O escoamento superficial reage a precipitação, e pode ser entendida de duas formas: como resposta local, que estará ligado as características do solo e cobertura vegetal e uso da terra; como também pode ser uma resposta topográfica, estando relacionada com o nível de conectividade da área, a capacidade de transmissão de matéria e energia (SOUZA E ALMEIDA, 2015). Esse por sua vez, exerce influência quanto à forma e mudança nos canais, em resposta ao transporte de sedimentos (STEVANUX, 2002; FRYIRS e BRIERLEY, 2013; SANTOS 2020).

As principais estimativas de taxas de erosão buscam analisar o ambiente a partir da vegetação natural. Quando ocorre a retirada total ou parcial da vegetação, há uma

desestabilização do sistema e um aumento da erosão. A partir dessa ação, Monteiro (1988 apud SOUZA E ALMEIDA, 2015) coloca uma sequência de resultados que desequilibrará a morfodinâmica semiárida em três etapas: mudança da resiliência potencial da vegetação; aumento do intemperismo mecânico e da produção de cascalho; e perturbação dos ecossistemas e sistemas de drenagem a jusante.

Tucci e Clarke (1997), ressaltam que é possível observar um aumento no escoamento superficial a partir da remoção parcial ou total da vegetação. Desse modo, compreender a variabilidade na composição na vegetação de uma área, no que diz respeito ao porte, densidade e nível de degradação, se configura como uma variável de alta sensibilidade, quanto a vulnerabilidade que a bacia hidrográfica possa estar exposta a mudanças. Principalmente, utilizando uma análise em escala temporal histórica para dimensionar o grau de mudanças, padrões e distribuição da vegetação (SOUZA E ALMEIDA, 2015).

Uma das áreas mais atingidas pelas ações de retirada da vegetação, e conseqüentemente, atribuídas novos usos a essa superfície, são as planícies de inundação. Entendida pelos autores Souza e Almeida (2015) como uma “faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais bordejando o curso de água e periodicamente inundada”. Christofolletti (1981) também traz a compreensão de que esse elemento fluvial é caracterizado a partir da deposição de sedimentos transportados pelas águas que possam a vir extravasar o canal e suas margens (OLIVEIRA *et al.* 2017)

Contendo nessas paisagens processos tão específicos, nada mais coerente que aplicar modelos que atendam às necessidades, bem como, consigam extrair o máximo de informação possível. Visto que a maioria das estruturas conceituais derivam de pesquisas direcionadas apenas para sistemas fluviais de fluxo contínuo, sendo de suma importância compreender as limitações desses modelos em rios efêmeros e intermitentes. Observando os sistemas fluviais e o uso e ocupação dessas áreas associadas, em específico as localizadas em ambientes semiáridos, percebemos os rios como indicadores com alto nível de sensibilidade, a modificações ambientais. Como excesso na carga de sedimentos e ajustes no canal devido aos desmatamentos, pastagens, obras de construção civil e outras atividades na bacia hidrográfica, que podem gerar impactos cumulativos nos sistemas fluviais, devido a geração de entropia resultando em desestabilização do sistema (CAVALCANTE, 2012; MORGAN *et al* 2020).

3.2 Convívio com seca, impedimentos de transmissão e mudanças hidrológicas

Os rios não perenes, são ecossistemas de grande relevância do ponto de vista hidrológico, ecológico, ambiental, econômico e social, sendo intensamente utilizados pelas comunidades humanas do seu entorno. A compreensão das interferências antrópicas em ambientes fluviais semiáridos segue sendo um dos maiores pontos de debate, abrangendo os fatores de modificação da dinâmica ambiental natural da área, e principalmente a necessidade das constantes adaptações aos regimes de escassez hídrica, seja fluvial ou pluvial.

As formas de adaptação a um sistema fluvial intermitente e a períodos de chuvas concentradas e longas estiagens, surgem de diversas maneiras ao longo dos canais de drenagem, cujo objetivo é o armazenamento de água, na tentativa de resistir e continuar ocupando essas terras, sendo o caso dos açudes públicos.

Ao longo da história da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba - BH-PB, devido a sua relevância para o estado, houve grande empenho na construção de açudes, feitos pelo governo da Paraíba e o governo federal. A criação de açudes públicos possui como principal finalidade o abastecimento humano, bem como, irrigação, lazer e recreação, agricultura, pesca e turismo (CODEVASF, 2022).

Esses açudes são de suma importância, pois são as principais fontes de reserva hídrica da região. Especificamente na Bacia Hidrográfica do Alto curso do rio Paraíba - BCHA – PB, devido suas condições ambientais específicas, essas reservas tornam-se ainda mais delicadas, e trazem complexidade para a dinâmica socioambiental da região. Nos casos em que os açudes estão abaixo do nível de operação ideal, conflitos sociais e econômicos podem ser desencadeados. Os principais conflitos giram em torno do esgotamento da capacidade produtiva, degradação da mata ciliar, contaminação das águas e a própria escassez hídrica (CODEVASF, 2022).

No açude Sumé, por exemplo, o principal ponto de conflito refere-se à desativação do perímetro irrigado, devido ao alto número de açudes a montante, ocasionando uma diminuição da disponibilidade hídrica. Nos açudes Cordeiro, Congo, Campos, Poções, Camalaú, entre outros, os conflitos entre os consumidores giram em torno de irrigações e abastecimento. Ao mesmo tempo que os açudes Cordeiro e Epitácio Pessoa sofrem com poluição por agrotóxicos. Além dos racionamentos, sendo esse também um dos principais problemas que afetam o açude Epitácio Pessoa desde 1998 (COMITÊ, 2004).

Destaca-se também, o histórico de uso dado as terras inseridas na área da bacia. A pecuária de caprinos, ovinos e bovinos são uma das principais atividades econômicas da região, juntamente com cultivos de culturas como a do algodão e do sisal. O ciclo dessas culturas estão presentes desde a década de 80, sendo considerado pela EMBRAPA (1997) um dos mais relevantes processos geradores de degradação em terras agricultáveis e férteis (FRANCISCO; SANTOS; LIMA, 2017a).

Outro impacto significativo na dinâmica ambiental da região, sendo considerado um dos fatores impulsionadores da desertificação, é o desmatamento (SOUZA, 2012). As espécies endêmicas da Caatinga se destacam em sua estrutura biológica, com espécimes lenhosos de porte reduzido, são utilizados para a queima em carvoarias, fornos de comércios alimentícios, minérios, entre outros. Essa atividade quando executada próximo aos rios, influência diretamente e negativamente na dinâmica fluvial semiárida. A supressão da vegetação nativa, nas planícies e margens, potencializa processos erosivos e sobrecarga no leito do rio (ALVES; NASCIMENTO; SOUZA, 2009).

Algumas outras atividades podem gerar efeitos e alterações espaciais relevantes na estrutura e funcionamento do sistema fluvial, embora estejam também ligadas ao contexto de convívio com a seca. Esse é caso das obras de engenharia mais populares no nordeste brasileiro, as pontes e passagens molhadas, que possuem funcionalidade dupla, são utilizadas como pontes agindo na mobilidade social, bem como na finalidade de acumulação de água. Esse último acontece como consequência e não como objetivo principal (BEZERRA, 2010).

Segundo a autora Andrea Cavalcante (2018), as passagens molhadas são uma nomenclatura popular para designar pequenas barragens de alvenaria ou concreto, e possuem como finalidade a locomoção, construídas em leitos de riachos ou rios para travessia. Ainda segundo a autora, embora essas estruturas sejam menores e pontuais, quando comparamos aos grandes barramentos, estas podem interferir na troca sedimentológica, processo essencial para um bom funcionamento no fluxo hidrológico do canal e/ou bacia hidrográfica.

As passagens molhadas podem ser diferentes entre si, cada uma tendo uma interação específica com o fluxo do canal. Algumas permitem a passagem do fluxo hídrico do canal, mediante tubulações, através de anilhas de concreto, que se estendem por toda estrutura. Entre os materiais que podem ser utilizados, estão: blocos, cimento, concreto, terra, manilhas de escoamento e ferro. Essas construções podem partir diretamente do poder público, ou serem

financiadas pelo mesmo, além das construções integralmente particulares (BRANCO; SOUZA, 2018).

Outras passagens molhadas possuem aspectos funcionas de pequenas barragens, não sendo construídas suspensas por colunas, pois preveem a obstrução da vazão do rio, obrigando o fluxo a seguir por cima da estrutura, formando uma lâmina d'água na superfície de concreto, podendo ficar completamente submersa em eventos de alta magnitude (CAVALCNATE, 2018). Diferente das pontes, que são projetadas e construídas acima do fluxo do canal, causando uma capacidade de interrupção na vazão diferenciada, interferindo principalmente em eventos de moderada e alta magnitude. Agem diminuindo a velocidade da vazão a montante da construção e aumentando a jusante. Enquanto as passagens molhadas são comumente encontradas em estradas rurais, as pontes estão localizadas em rodovias e ferrovias (BRANCO; SOUZA, 2018).

Diante do exposto, a partir da visão sistêmica dos sistemas geomorfológicos aplicada a dinâmica fluvial, essas intervenções antrópicas na paisagem semiárida, atuam como agentes desconectados. Brunsden & Thornes (1979 apud. ALMEIDA; CORRÊA, 2020) implementam a concepção de conectividade e suas aplicações aos sistemas fluviais. Esse conceito tem como ideia balizar a sensibilidade da paisagem, que parte da premissa de que a ligação entre os elementos que formam a estrutura da bacia hidrográfica é mensurada pela resistência às mudanças (ALMEIDA; CORRÊA, 2020).

Dessa forma, no sistema fluvial, o nível de conectividade é mensurado a partir da capacidade que as ligações, que são formadas entre os elementos que compõe os compartimentos geomorfológicos, terão na transmissão de matéria e energia. Essas ligações pode ser longitudinais, uma relação entre rede de canais, na perspectiva montante – jusante, entre o canal principal e seus tributários, agindo sob a condição de transporte de frações granulométricas diversas; ligações laterais, que refere-se a dinâmica encosta – canal, indicando o comportamento do canal a partir do retrabalho que será feito com materiais advindos da encosta; e as ligações verticais, que são as dinâmicas feitas pela água – sedimento, estando ele localizado na superfície, subsuperfície ou subterrâneo, e são controlados pela textura e pelo fluxo de transporte do canal (FRYIRS & BRIERLEY, 2013; ALMEIDA; CORRÊA, 2020).

Portanto, os rios do semiárido são compreendidos como indicadores sensíveis quando expostos a mudanças ambientais, em específico a estresses hídricos, como a exemplo os

impedimentos de transmissão, que conseguem acarretar impactos cumulativos ao longo do canal principal e espalham-se por toda bacia hidrográfica. Intervenções como as que foram citadas podem gerar uma série de efeitos, tais quais: Alterações hidrológicas, contenção da carga sedimentar de fundo e suspensa, reajuste da morfologia do canal (longitudinal e lateral), mudanças no sistema ripário, criação e/ou consolidação de unidades geomórficas (barras e ilhas), nivelamento das vazões máximas e mínimas, entre outros (CAVALCANTE, 2012).

Compreendendo que alterações na dinâmica hidrossedimentológica de uma bacia hidrográfica dita a evolução da paisagem fluvial, é preciso ter cautela ao analisar os elementos que representam impedimentos de transmissão de matéria e energia, ou seja, que rompem com conectividade fluvial. Souza e Corrêa (2020) colocam que impedimentos de transmissão podem diminuir a oferta de água nos reservatórios em até 60% em terras secas, isso significa uma potencialização na escassez de uma região, que se encontra inserida em condições de vulnerabilidade hídrica.

De modo que, ao analisar os impactos que as O.C.C podem gerar nos sistemas fluviais, deve-se ter em mente a complexidade estrutural da paisagem semiárida e do contexto social em que essa discussão está inserida. Visto que o estabelecimento de uma rede de estruturas hídricas baseadas principalmente em açudes e barragens, de todos os portes, vem ligado a um objetivo inegociável, que é o abastecimento das populações ali residentes (SOUZA; CORREA, 2012).

3.3 Sensoriamento Remoto aplicado ao monitoramento de mudanças ambientais

Com o avanço tecnológico em todas as áreas do conhecimento, as ciências de estudo da superfície da terra aprimoram as competências de análise e extração de informações do elementos ambientais. O aprimoramento dos sistemas e sensores de satélite, trouxeram com o passar do anos, melhores e mais refinadas resoluções espaciais, aumento na capacidade de processamento e armazenamento de dados. A quantidade e as diferentes informações geradas conseguem abranger diferentes áreas do conhecimento, como agricultura, recursos hídricos, uso e cobertura da terra e climatologia (COELHO, 2016).

O Sensoriamento Remoto – SR aparece como um novo instrumento de análise espacial, abrindo novas possibilidades para o monitoramento ambiental, com menor custo e maior acessibilidade. SR trata-se de um conjunto de ferramentas, técnicas e metodologias que visam o estudo e a observação de fenômenos que ocorrem na superfície da Terra. Essa captação de

informações é realizada nas regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do eletromagnético, mediante uso de instrumentos de captação, como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares ou matriciais, além da análise de informações por meio de processamento digital de imagens. (ARAUJO, SILVA e MACHADO, 2019; JESEN, 2009; PEIXOTO, 2007). A coleta de dados por Sensoriamento Remoto se integra em outros campos do conhecimentos, como matemática e lógica, ciências sociais, ciências biológicas e ciências físicas, atuam no levantamento de informações e podem ser trabalhados em ambiente GIS, alinhados as técnicas cartográficas, construindo estudos integradores da paisagem e de análise complexa da dinâmica ambiental (JENSEN, 2009; NOVO, 2010).

O fator financeiro exerce influência direta na elaboração e execução de alguns estudos, por isso, o SR traz esse diferencial, proporcionando a possibilidade de realização de grandes levantamentos técnicos, mapeamentos, monitoramento e planejamento. Integrando as novas técnicas as informações obtidas em campo, análises comparativas de uso e cobertura do solo, por exemplo, torna -se possível realizar mensurações mais complexas, a partir das correlações das mudanças utilizando um recorte histórico (COELHO, 2016; VERÇOSA et al., 2019).

O monitoramento ambiental é um pilar importante dentro da perceptividade de gestão e planejamento de um território. Nessa etapa, são coletados dados, e estudos de acompanhamento contínuo são realizados, com o objetivo de avaliar as condições dos elementos naturais de uma determinada área em um recorte temporal específico. O monitoramento de mudanças de uso do solo e cobertura vegetal, nos permite aferir os tipos de mudanças que vêm ocorrendo naquela área, os impactos que estão sendo gerados, os possíveis cenários futuros a partir daquele contexto, bem como elaboração das melhores soluções que visem eliminar ou mitigar o estresse ambiental da área (RAMOS; JUNIOR, 2022).

Considerando as bacias hidrográficas como recortes espaciais aplicados a gestão e ao planejamento territorial, o acampamento das alterações ambientais que ocorrem nesses espaços são de suma importância, principalmente, se essas estiverem localizadas em terras secas. A escassez hídrica desses ambientes, torna essas unidades de planejamento vulneráveis e sensíveis a mudanças, que não se restringem apenas a impactos a elementos naturais, podendo se estender a consequências socioambientais.

Alguns recursos, dentro da perspectiva do SR, podem ser usados para analisar as mudanças na paisagem, como por exemplo, mapeamentos multitemporais de uso e cobertura

da terra. E a partir dos recursos teóricos que a ciência geografia proporciona, que permite uma análise qualitativa e quantitativa desses fenômenos e suas representações espaciais em diferentes escalas, esses mapeamentos podem apresentar informações quanto: o uso dessas áreas, mudanças sazonais da vegetação, identificação da presença ou ausência de desmatamento, áreas urbanizadas e mobilidade mediante a identificação de estradas (VERÇOSA et al., 2019; ARAUJO, SILVA e MACHADO, 2019; NÓBREGA et al., 2023)

A interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas de alta resolução tem como princípio identificar objetos e interpretar seus significados em determinado contexto da formação da paisagem. Conhecimento prévio da área de estudo e visitas de campo podem facilitar esse processo, não sendo pré-requisito. A fotointerpretação depende diretamente da qualidade e visibilidade que o técnico terá dos alvos, caso contrário, os elementos podem ser confundidos e informações incoerentes podem ser geradas (ROSENFELDT; ROSOLEM; TIEGS, 2019).

Para que os resultado sejam compatíveis com a realidade, é necessário ter boa visibilidade do objeto e chaves de interpretação durante todo o processo. Jensen (2009) alguns apontamentos básicos são necessários para aplicação da fotointerpretação, que está diretamente relacionada ao tamanho, forma, profundidade, volume, localização dos alvos, tom e cor, textura, padrão, sombra, altura e contexto de onde esses objetos estão inseridos (ROSENFELDT; ROSOLEM; TIEGS, 2019).

Além da fotointerpretação, para análise do comportamento da vegetação, temos os Índices de Vegetação – IV, que são transformações lineares em operações algébricas. Essas informações são extraídas, geralmente, usando-se as faixas do vermelho e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, porém, resultados satisfatórios estão sendo explorados com o uso das bandas RGB obtidas por Veículos Aéreos Não Tripulados - VANT, em diferentes cenários e em distintas espécies de vegetação. O resultado dessa operação algébrica é dado em reflectância e a partir dela configura-se as informações da vegetação, porte, densidade e saúde (ARAÚJO, 2019). As técnicas de sensoriamento remoto, alinhadas as geotecnologias e bancos de dados, que são disponibilizados, em sua maioria de forma gratuita, por órgãos ambientais, secretarias de desenvolvimento e planejamento, institutos de pesquisa ambientais entre outros, é possível construir uma análise adequada e coerente a dinâmica ambiental de uma determinada área.

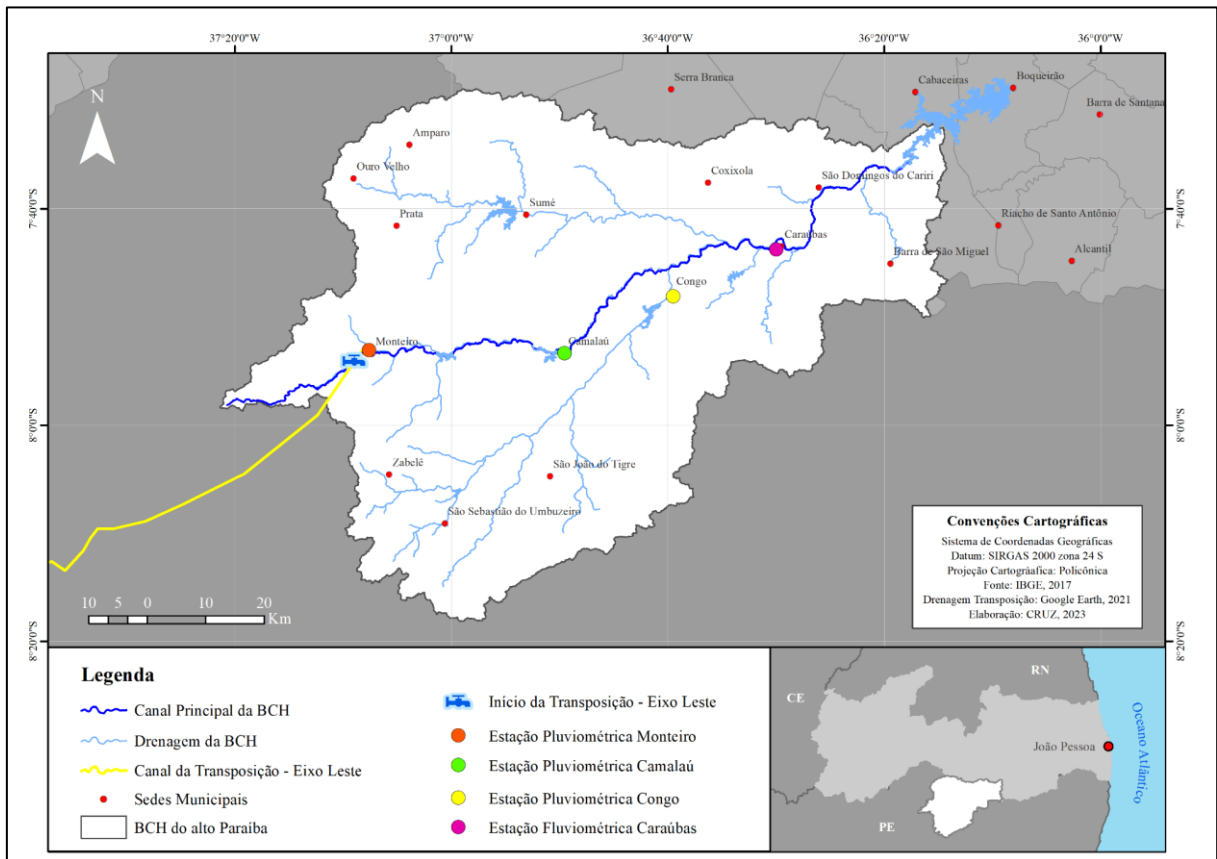
Alguns exemplos de trabalhos atuais que utilizam esses métodos, são por exemplo: Verçosa *et. al* (2019), que traz em seu trabalho, a partir do uso do Geoprocessamento, a identificação de mudanças na cobertura e uso da terra, no município de Messias – AL, fazendo uso de imagens multitemporais de levantamento aerofotogramétrico e de imageamento por drone. Foram produzidos mapeamentos de dois recortes da área analisada, e com uso da fotointerpretação, o primeiro recorte analisado obteve resultados que atestaram o crescimento da cobertura vegetal devido a agricultura familiar, diminuição das plantações de cana de açúcar e aumento da área florestal natural. Enquanto no segundo recorte analisado, atestou-se a substituição da monocultura da cana – de açúcar pela monocultura do eucalipto.

Silva (2020), aborda em sua dissertação um comparativo de índices físicos, na bacia hidrográfica do rio IPANEMA – PE. A avaliação da cobertura vegetal na bacia utiliza técnicas de sensoriamento remoto aplicando NDVI, EVI e GRVI, em imagens do satélite CBERS-4. Mediante os resultados obtidos, mostrou-se que de modo geral, todos os índices responderam de maneira satisfatória ao objetivo da pesquisa, de modo que todos reconheceram o fator degradação da mata ciliar, com especificidades entre si, em estágios e percentuais de degradação.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O recorte espacial feito para essa pesquisa foi da Bacia de hidrográfica do Alto curso do rio Paraíba - BAP, que está localizado na porção ocidental do Cariri, sudoeste do compartimento morfoestrutural da Borborema, abrangendo 18 municípios paraibanos, onde seu canal principal percorre municípios como: Monteiro, Congo, Camalaú, Barra de São Miguel, São Domingos do Cariri e Cabaceiras (Figura 01).

Figura 01 - Mapa de Localização do Alto Curso do rio Paraíba



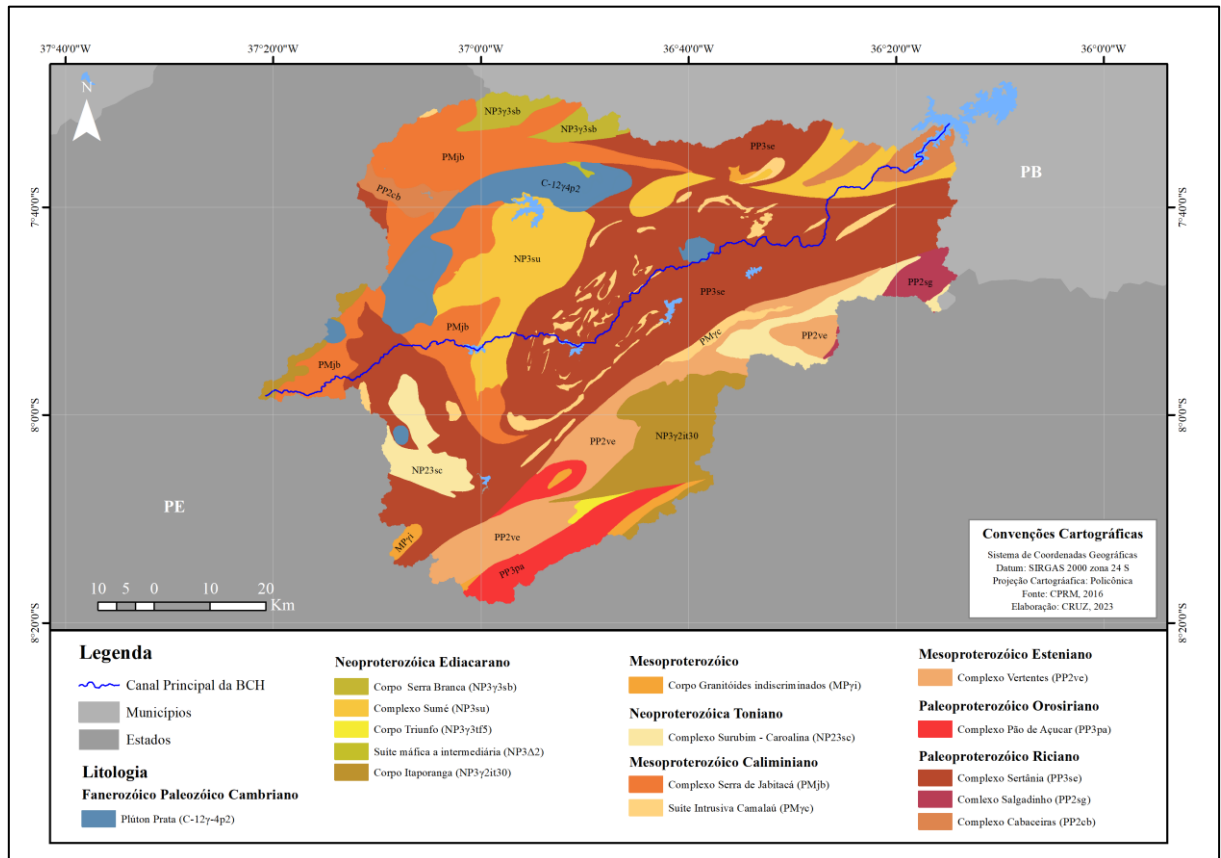
Fonte: IBGE/Google Earth. Elaborado pelo autor

O Rio Paraíba é considerado o mais importante rio da região, pois ele é inteiramente paraibano, além desse ter sido contemplado como receptor das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF. A bacia do Alto Curso do Rio Paraíba terá seu desague no Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), drenando uma área de aproximadamente 6.226 km².

A geologia da bacia é formada em sua maioria por rochas cristalinas que compõem o Escudo pré-cambriano do Nordeste, constituído por formações oriundas dos Éons Proterozóico e Fanerozóico, em que a maior expressividade litológica são de quartzitos, gnaisses, migmatitos e micaxistos. Na província Borborema são individualizadas oito unidades morfoestruturais

(Cimeira Estrutural São José do Campestre, Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas, Depressão Intraplanáltica do Pajeú, Depressão Intraplanáltica do Ipanema, Depressão Intraplanáltica Paraibana, Depressão Intraplanáltica Pernambucana, Maciços Remobilizados Pernambuco-Alagoas e Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal) (CÔRREA *et al* 2010) (Figura 02).

Figura 02 – Unidades Litológicas do Alto Curso do Rio Paraíba



Fonte: CPRM. Elaborado pelo autor

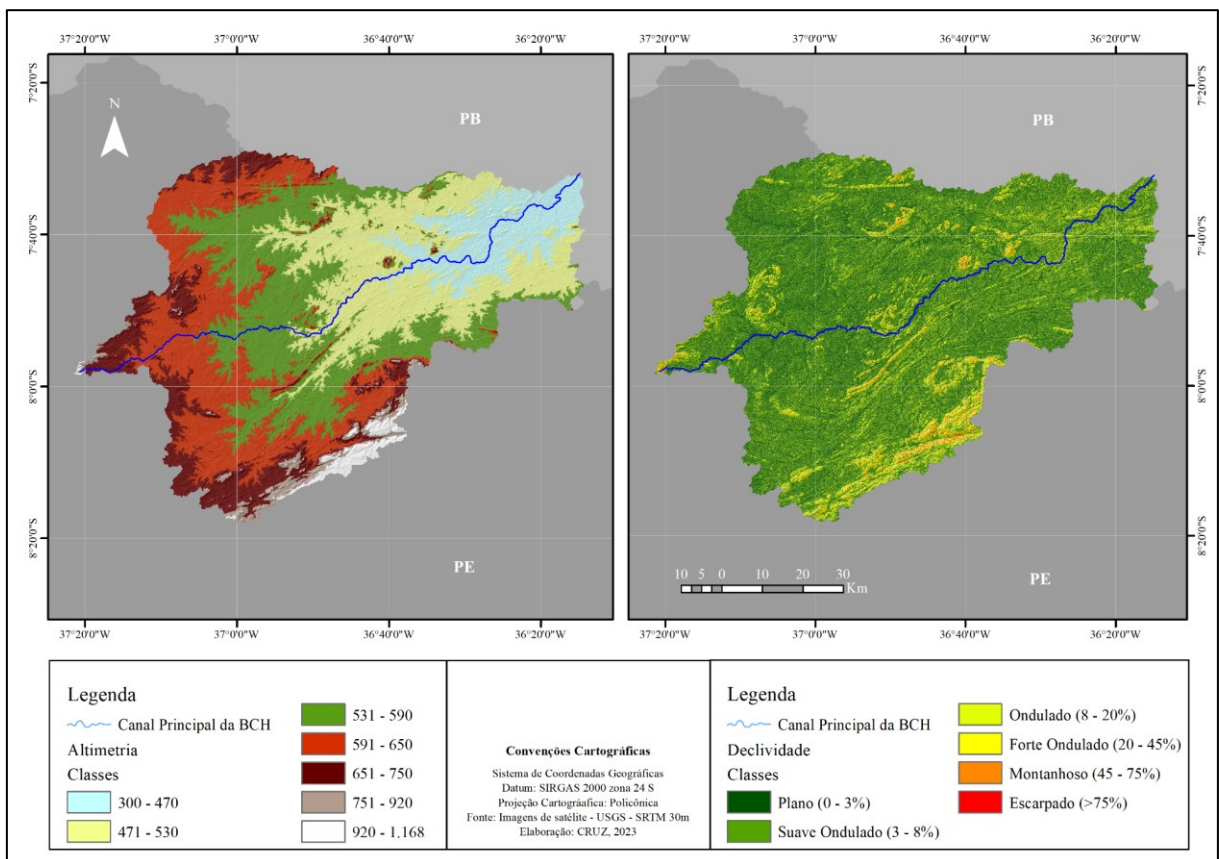
A Depressão Intraplanáltica Paraibana é de extrema importância para a Bacia do Alto Paraíba, essas são restringidas por importantes zonas de cisalhamento brasileiras, as quais foram subdivididas em domínios, terrenos ou faixas, com base no patrimônio litoestratigráfico. Utilizando a compartimentação do Planalto da Borborema realizada por CÔRREA *et al* (2010), o recorte espacial trabalhado encontra-se inserido na Depressão Interplanáltica Paraibana, com presentes feições planas, limitadas ao sul pelos Maciços Remobilizados do Domínio da Zona Transversal.

O alto curso do rio Paraíba possui uma homogeneidade em sua declividade, embora haja variações que vão do plano ao escarpado, esses pontos mais declivosos se concentram em áreas

específicas da bacia, em locais onde à presença de rochas Ígneas e Metamórficas, uma ligação direta com o tipo de relevo ali presente, sendo áreas de maior altimetria também (690 a 1.170m) essas serras encontram-se alinhadas segundo as zonas de cisalhamentos sinistrais, que atuaram como falhas de transferência do Lineamento Pernambuco, contemplando o Complexo Pão de Açúcar, Corpo Itaporanga, Corpo Granitóides Indiscriminados e Complexo de Serra Jabitacá.

A amplitude entre 45 e 75% de declividade são um indicativo de locais com a presença de Cristas e Inselbergs. Há variações que vão do forte ondulado ao montanhoso, enquanto no remanescente da bacia (maior porcentagem) há uma predominância de um relevo plano com suaves ondulações. O mesmo ocorre para a altimetria da bacia, a variação vai de 360 a 1.170m, com uma diminuição progressiva que segue a jusante do canal principal, próximo a confluência do Rio Paraíba com o Rio Taperoá e o Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), com pontos mais altos localizados a montante (Figura 03).

Figura 03 - Mapa Altimétrico e de Declividade do Alto Curso do Rio Paraíba



Fonte: USGS/SRTM. Elaborado pelo autor

O recorte espacial apresenta baixa diversidade nas características pedológicas, contendo solos que possuem uma alta concentração de argila em seus horizontes e com pouca

profundidade, com exceção das áreas inundáveis, a exemplo as planícies de inundação, e áreas de altimetria mais elevada, devido a maior concentração de vegetação preservada nessas regiões.

A classe de solo mais presente na bacia é o Luvisolo Crômico Órtico, mas também verificasse Argissolo vermelho – amarelo Eutrófico e Argissolo vermelho Eutrófico, que estão presentes em pontos específicos da bacia, sendo áreas de relevo forte ondulado (20 a 45%), de altimetria que varia de 580 a 630 e 945 a 1.170.

No canal principal perpassam três tipos de classes de solo: O Neossolo Litólico Eutrófico, que se refere a solos jovens e poucos evoluídos, não possuindo horizonte B, contendo um contato lítico de 50 cm da superfície e apresentam saturação por base de 50%; O Planossolo Hálpico Eutrófico, presente na cabeceira da bacia, são solos desenvolvidos com encharcamento superficial estacional, possuem horizonte B plânico, subjacente a qualquer horizonte A, podendo ou não apresentar horizonte E (álbico ou não). E apresentam saturação por bases maior que 50%; O Luvisolo Crômico Órtico, têm como característica a acumulação de argila e agrupamento de solos com horizonte B textural, com argila de atividade alta e saturação por bases alta (IBGE, 2007).

A região do Cariri paraibano apresenta baixo índice de precipitação pluviométrica em boa parte do ano, e precipitações intensas concentradas em um curto período. Essa dinâmica se estabelece devido a localização, estando no fim do percurso dos fluxos úmidos, que se direcionam para o semiárido nordestino e em situação de sotavento das serras de Pernambuco. A influência das serras diminui a umidade dos ventos alísios de sudeste por meio da precipitação orográfica, concedendo a região do Cariri detém o título de poligonal mais seca do país (SENA 2017; SOUZA, 2008).

Dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atua como o principal responsável pelas chuvas no semiárido brasileiro durante os primeiros meses do ano. Outros sistemas atmosféricos exercem suas influências, também responsáveis pela ocorrência de chuvas no semiárido, os quais são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e as Linhas de Instabilidade (LI), que podem atuar simultaneamente com a ZCIT, tendo como consequência a dinâmica intrínseca ao sistema de precipitação no semiárido, chuvas de alta intensidade em

curta duração, com longos períodos de estiagem (OLIVEIRA 2018; FERREIRA; MELLO, 2005)

Os dados descritos que mostram o comportamento das chuvas ao longo do canal principal nos períodos de 2009 a 2021, foram coletadas de três estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo) localizadas a montante da bacia, enquanto a principal estação fluviométrica (Caraúbas) está localizando a jusante da bacia hidrográfica (Tabela 01).

Tabela 01: Médias mensais de precipitação (mm) e vazão (m³/s) de 2009 a 2021

ESTAÇÕES	MÉDIAS MENSAS DE 2009 a 2021											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Monteiro (mm)	80,8	66,9	111,2	119	73,6	38,9	27,3	9,4	1,5	18,3	17,5	41,4
Camalaú (mm)	33,5	50,7	89,5	98,2	70,6	30,2	18,4	8	1,1	13,2	8,7	25,5
Congo (mm)	31	91,8	77,2	60,9	52,6	28,8	14	4,7	0,6	7,6	11,8	22,8
Caraúbas (m ³ /s)	1	5,5	6,8	10,3	16,2	5,3	1,6	0,5	1,1	1,9	1,3	1,9

Fonte: AESA. Organizado pelo autor. A tabela possui tons de cinza distintos, o tom mais claro sinalizando as três estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo), e o tom de cinza mais escuro, destacando a estação fluviométrica (Caraúbas).

O comportamento das chuvas ao longo dos meses revela os maiores valores concentrados entre fevereiro e maio, com precipitação média entre 50 e 119mm, representando a quadra chuvosa desse recorte espacial. O período mais seco ao longo dos meses, com precipitação média entre 0,6 e 40mm se estendem desde junho até janeiro, totalizando oito meses de estiagem. Os valores da estação Monteiro possuem uma pequena variação perante as outras, por estar localizada em uma das áreas mais altas da bacia, sofrendo a influência de chuvas orográficas, muito comuns na região.

A dinâmica de rios intermitentes é influenciada diretamente pela precipitação, dessa forma, os meses com mais vazão seguem o padrão dos meses com maiores médias de chuva. Os maiores valores são de fevereiro a maio, com vazão média entre 5 e 16m³/s, enquanto os menores valores concentram-se nos meses de junho a janeiro, com vazão média entre 0,5 e 1,9 m³/s. Conseguimos observar que embora trate-se de um rio com dinâmica intermitente, os meses mais secos possuem vazão. Isso decorre dos valores que surgem no ano de 2017, em que a transposição esteve ativa, estendendo a temporalidade de descarga hídrica no canal. Ao fazer a média, acaba transformando a dinâmica o rio em perene, mas é necessário fazer uma análise de contexto para entender tal condição.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O principal objetivo desse trabalho é identificar as mudanças no uso e cobertura da terra nas planícies de inundação na bacia do alto curso do rio Paraíba pós PISF, e construir, a partir de um trecho amostral, um cenário evolutivos dessas mudanças. E para isso, foram analisados séries históricas de chuva e vazão dos últimos 12 anos. Também foi trabalho 3 recortes temporais, 2009, 2015 e 2021. A temporalidade do estudo também possui caráter representativo, em que 2009 representa um ano de maior precipitação na bacia, 2015 retrata um período de seca, e 2021 um fluxo regular de chuvas na região analisada. Embora o funcionamento da transposição tenha iniciado em 2017, sua atividade se manteve instável, tornando o ano supracitado um evento atípico na dinâmica ambiental da bacia, devido a isso, a vazão desse período entra na discussão como exceção.

A análise se finda no ano de 2021 devido ao fato que os dados de vazão, estruturados pelo órgão regulamentador, ainda não estão organizados e disponíveis para uso. Diante disso, foram seguidas algumas etapas metodológicas para que se atinja os objetivos propostos:

1. Identificação dos ambientes fluviais, a partir da classificação do canal e delimitação das planícies de inundação;
2. Reconhecimento e espacialização das obras de construção civil dispostas no canal (pontes e passagens molhas);
3. Análise dos dados de estações pluviiais e fluviais da bacia hidrográfica no recorte temporal de 2009 a 2021;
4. Análise no uso e cobertura da vegetação da bacia utilizando o banco de dados do MapBiomas;
5. Identificação das mudanças biogeomorfológicas em 1 trecho amostral do canal principal através de fotointerpretação com imagens de satélite e fotografias áreas (VANT).

Na primeira etapa metodológica, foi utilizada o conceito de Estilos Fluviais de Brierley e Fryirs (2005), em que os autores fornecem um conjunto de técnicas que compõe uma metodologia de análise que são capazes de interpretar o caráter, comportamento, condição e o potencial de recuperação de um rio, usando como base conhecimentos que sintetizam geomorfologia, ecologia e manejo fluvial aplicada aos sistemas fluviais, de forma a trazer uma concepção integrada auxiliando no desenvolvimento de estratégias viáveis para restauração e gerenciamento desses sistemas.

A partir de conhecimentos prévios para caracterização ambiental física da área, como: revisões bibliográficas, geologia, topografia, declividade, distribuição da precipitação, vegetação e unidades de paisagem, foi possível obter conhecimento que balizaram a classificação dos estilos fluviais, com uso de imagens de satélite disponibilizadas pela plataforma *Google Earth*. Foi utilizado também, como fonte asseguradora da coerência dos resultados, o trabalho de Souza; Santos e Oliveira (2023). No processo de análise e classificação dos estilos, foram delimitadas as planícies de inundação de cada margem, considerando os critérios morfológicos, bem como influências geológicas no canal, e os níveis de preservação da vegetação.

O produto dessa etapa é o mapeamento de estilos fluviais da bacia hidrográfica, e para alcançar esse resultado, é avaliada a configuração de vale, unidade geomórficas e textura de leito. Para definir a configuração de vale, foi observado o grau de confinamento do canal, que se materializa no sistema fluvial, a partir da presença ou ausência de planícies de inundação ao longo do canal (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Dessa forma, canais considerados não confinados possuem menos de 10% de confinamento de margem, com planícies de inundação contínuas, e podem ter canais contínuos e canais descontínuos. Canais parcialmente confinados exibem entre 10% e 90% de planície de inundação em ambas as margens do canal. E por fim, os canais confinados, que apresentam menos de 10% de planícies de inundação em ambas as margens do canal (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; RODRIGUES, 2018).

Com finalidade de atestar as modificações e obras de engenharia, especificamente pontes e passagens molhadas, também se fez o uso das imagens do *Google Earth*. Observando critérios como: estradas associadas, cenário urbano, imagens históricas, formas e atributos específicos dos objetos analisados e o contexto fluvial de cada trecho, foram marcados pontos sinalizando o tipo de construção e o ano em que elas surgem nas imagens de satélite disponibilizados pela plataforma. Com essas informações, foi possível elaborar mapas temáticos espacializando essas obras ao longo dos anos, no período de 2009 a 2021, abaixo estão exemplos de como essas são vistas nas imagens:

Figura 04 – Passagem molhada localizada no município do Congo, PB



Fonte: Google Earth, 2020

Figura 05 – Ponte localizada no município de Monteiro, PB



Fonte: Google Earth, 2021

Para o estudo da dinâmica de precipitação na bacia hidrográfica, foram coletados dados das estações pluviométricas Monteiro, Camalaú e Congo. Essas foram selecionadas por estarem a montante do canal, bem como da estação fluviométrica Caraúbas, propondo uma coerência para a análise espacial dessas informações (Figura 01). Os informativos de cada estação foram extraídos do banco de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA que são gratuitos e podem ser solicitadas diretamente a agência, além de estarem disponíveis na plataforma *on-line* HIDROWEB. O banco de dados foi exportado e trabalhado em planilhas no Excel, sendo gerado as médias mensais e anuais dos períodos entre 2009 e 2021.

A avaliação das modificações no uso e cobertura da terra foram realizadas com o uso do banco de dados disponibilizados pela plataforma MapBiomas. A iniciativa MapBiomas surge como uma rede colaborativa formada por ONG's, universidades e startups de tecnologia, que vêm produzindo mapeamento anual da cobertura e uso da terra, monitorando corpos hídricos e cicatrizes de queimadas mensalmente com uso de dados a partir de 1985.

Os mapas elaborados anualmente são produzidos mediante a técnica de classificação pixel a pixel de imagens de satélite Landsat. O processo é realizado por extensos algoritmos de *machine learnig*, mediante plataforma *Google Earth Engine*, onde todo o processamento é feito em nuvem. A coleção utilizada para o presente estudo foi a 7.0, sendo usados também as recomendações para a nomenclatura das classes e as cores respectivas para cada uso e atividade na área. Os dados foram exportados para ambiente Gis, onde foi produzido mapas temáticos representativos dos anos 2009, 2015 e 2021.

A identificação das mudanças biogeomorfológicas foram realizadas em um trecho amostral, com a finalidade de construir um cenário representativo e atual da bacia, esse foi


selecionado a jusante do PISF. Os critérios para escolha desse ponto se deram pela relevância amostral da localização, associação com obras de engenharia, e conhecimento prévio da área. O ponto está nomeado com sigla BAP - 1 (Bacia Alto Paraíba) que está inserido no município de São Domingos do Cariri.






O trecho amostral é monitorado pelo Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiárido – GEAFS utilizando voos com veículos aéreos não tripulado – VANT. Destaca-se que para a realização dessa pesquisa não foi realizado trabalho de campo, a imagem gerada por VANT utilizada na análise do trecho amostral, foi adquirida através do GEAFS em idas à campo feitas pelo grupo de estudos, não sendo exclusivo para esse trabalho. Associando essas informações com uso de técnicas de fotointerpretação por imagens de satélite disponibilizados pelo *Google Earth*, temos informações que iniciam uma análise integrada da paisagem e o monitoramento das mudanças ocorridas ao longo dos anos em consequência das intervenções recentes no sistema fluvial da região.


O trecho amostral BAP – 1, foi trabalhado em 4 datas (10/2012, 12/2017, 10/2020 e 12/2021), nelas foi executado a metodologia de análise e interpretação de imagens, mediante a técnica de fotointerpretação, com auxílio de chaves interpretativas, a partir de características presentes nos elementos da paisagem, denominados alvos. A técnica de fotointerpretação consiste em examinar as imagens orbitais e identificar feições dos objetos, e a partir disso, inferir seu significado. Esse processo produz enquanto resultado, a elaboração de mapas temáticos mediante o uso de dados de sensoriamento remoto (FILHO, 2000).

Alguns elementos visuais são utilizados para reconhecimento e identificação dos alvos na superfície, são eles: tonalidade e cor; forma e tamanho; padrão, textura, associação e sombra. Abaixo estão os elementos utilizados para interpretação das imagens de satélite para o bioma da Caatinga, levando em consideração suas especificidades.

Quadro 1: Chaves de interpretação de imagens

DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS	IMAGEM
<p style="text-align: center;">Vegetação arbórea densa – Preservada Cor: Verde – (indica período ou área com mais umidade) Textura: Rugosa Sombra: Sombra feita pela copa das árvores de diferentes tamanhos</p>	

<p>Vegetação arbórea/arbustiva densa – Preservada Cor: Marrom – (indica período ou área com menos umidade) Textura: Rugosa Padrão: Não homogêneo</p>	
<p>Vegetação arbustiva esparsa Cor: Marrom e amarelo (vegetação e solo exposto) Textura: Rugosa/Lisa Padrão: Não homogêneo</p>	
<p>Agricultura – Área degradada Cor: Marrom e amarelo (solo exposto) Textura: Lisa Padrão: Linear – indicando movimento de plantio</p>	
<p>Solo exposto – Área degradada Cor: Marrom (solo exposto) Textura: Lisa Padrão: Homogêneo Considerando o contexto em que está inserido pode indicar agricultura ou pastagem</p>	
<p>Afloramento em leito Cor: Cinza (litologia) Textura: rugosa/áspera Associação: Objeto localizando no leito do canal, com variações altimétricas as margens e cor discrepante do entrono, porém compatível com coloração comumente encontrada em rochas cristalinas.</p>	
<p>Canal fluvial sem vazão Cor: Bege (leito arenoso) Textura: Lisa Tonalidade: A cor do leito arenoso reflete mais luz, se destacando do marrom do solo exposto as margens do canal</p>	

<p style="text-align: center;">Estrada vicinal associada a passagem molhada</p> <p style="text-align: center;">Cor: marrom (solo exposto)</p> <p style="text-align: center;">Textura: Lisa</p> <p style="text-align: center;">Padrão: Retilíneo</p> <p>Associação: Estradas vicinais, ou pavimentadas, estão em um contexto de mobilidade, ou seja, levam algum lugar, nesse caso, a travessia do rio por passagem molhada.</p>	
--	---

Fonte: Google Earth. Elaborado pelo autor

Fez-se uso dos resultados obtidos através dos voos de drone, que vem sendo adotado em estudos que visam pequenas áreas pois proporcionam baixo custo de aquisição de dados de alta resolução espacial. Os voos foram planejados a partir do *software* DroneDeploy, e os dados processados no software AgiSoft metashape, sendo possível produzir o ortofotomosaico e o modelo digital de terreno, com alto nível de detalhe. Após o processamento dessas imagens e tendo como base esses dados, foi possível elaborar os perfis laterais dos trechos e mediante isso observar a morfologia do canal. Também foi possível analisar as variações e/ou surgimento de unidades geomórficas no canal, mudanças no comportamento hidrológico, variações no padrão de crescimento da vegetação e uso das planícies de inundação.

Foi aplicado nas imagens aéreas (BAP – 1) o índice conhecido como *Green-Red Vegetation Index* – GRVI, de tradução, Índice de vegetação verde – vermelho, proposto por Tucker (1979) apud. (MOTOHKA et al., 2010). Esse índice tem como objetivo mostrar pequenas mudanças que ocorrem na saúde da vegetação durante seu crescimento (LADEIA, 2020). O GRVI foi obtido com uso das fotografias aéreas através de veículo aéreo não tripulado, que possui sensor que captura a radiação do comprimento de ondas do visível (400 – 700 nm).

Dessa forma, utilizou-se dessas imagens, que se configura como bandas do RGB em sua composição, sendo possível fazer o processamento das informações de superfície, com objetivo de interpretar a cobertura do solo e identificar vegetação verde, solo exposto e água. A Equação (1) é calculada a partir da diferença entre as bandas verde e vermelha, em que foi aplicada em *software* GIS, através da calculadora raster seguindo a expressão matemática abaixo:

$$\text{GRVI} = \frac{\text{Green} - \text{Red}}{\text{Green} + \text{Red}}$$

Eq. (1)

Essa técnica está apoiada nos trabalhos de Motohka (2010) e Ladeia (2020), que em seus respectivos contextos, fazem uma validação da performance e o nível de assertividade dos

valores que foram gerados como resultado do GRVI, entre outros índices. O GRVI irá atuar como um indicador fenológico, mediante a atividade fotossintética da planta, tratando-se de um índice de clorofila, por ser sensível a mudanças na cor verde. Comumente utilizado para determinar a saúde e cobertura da vegetação, através de estudos focados em monitoramentos ambientais (MOTOHKA et al., 2010), dessa maneira, os valores resultantes variam de -1 a 1. Resultados negativos indicam solo exposto, valores próximos a zero para água ou neve, enquanto os resultados positivos, podem indicar associação com plantas mais saudáveis e/ou vegetação densa (MOTOHKA ET AL., 2010).

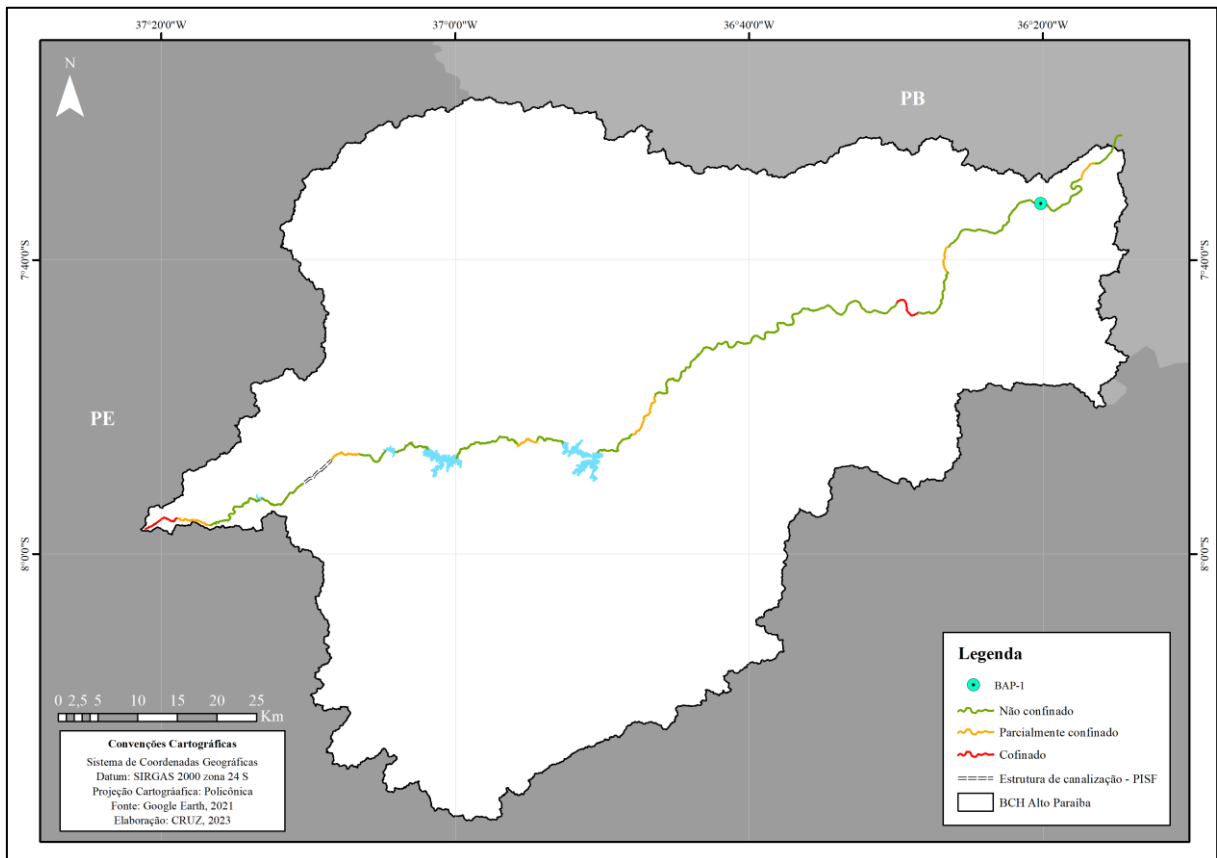
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Estilos Fluviais

A análise dos resultados gerados seguiu uma ordem escalar de análise. Desse modo, iniciamos a discussão em escala de bacia, sendo possível conceber o contexto espacial e as características da área estudada como um todo. Posteriormente, a análise foi direcionada para escala de trecho, com aprofundamento nos elementos ambientais presentes de cada um deles.

Os primeiros resultados para compreensão da dinâmica da Bacia de hidrográfica do Alto curso do rio Paraíba - BAP, foram os estilos fluviais do canal, que se dividiram entre: Não confinados quando possuem menos de 10% de confinamento de margem, com planícies de inundação contínuas; canais parcialmente confinados entre 10% e 90% de planície de inundação em ambas as margens do canal; e canais confinados, que apresentam menos de 10% de planícies de inundação em ambas as margens do canal (Figura 06).

Figura 06 - Mapa de estilos fluviais do alto curso do rio Paraíba



Fonte: Adaptado de (SOUZA; SANTOS; OLIVEIRA, 2023). Elaborado pelo autor.

Como indicado na fonte da Figura 06, essas informações foram adaptadas de Souza, Santos e Oliveira (2023). Na supracitada pesquisa, são detalhadas as características centrais do

canal principal em cada estilo fluvial. Os trechos confinados estão presentes em dois trechos do canal, o primeiro a jusante da cabeceira, e o segundo na cabeceira de drenagem.

O trecho a jusante sofre um controle litológico expressivo, o canal corta uma sequência de afloramentos de granitoides, configurando-se soleiras rochosas, resultando em um trecho confinado com leito rochoso. Esses afloramentos fazem parte da classe litológica Suíte Intrusiva Camalaú - (PM γ c), composta por Metagranito e Ortognaisse (Figura 02). As características desse trecho apresentam-se com leito e margens rochosos de morfologia irregular, sequência de soleiras e depressões.

O trecho a montante, localizando na cabeceira da bacia, é caracterizado por um vale encaixado, com um gradiente altimétrico que varia de 650 a 1.100 metros de altitude. O relevo pertencente ao domínio montanhoso, em que a declividade oscila entre forte ondulado (20 – 45%), montanhoso (45 – 75%) e escarpado (>75%), esse último com menos expressividade. A litologia trata-se do Corpo Itaporanga - (NP3 γ 2it30), composto por Diorito, Granito, Granodiorito, Monzonito (Figura 02).

Nos trechos classificados como parcialmente confinados a litologia exerce influência e atua como controlador fluvial, distribui-se ao longo do trecho com afloramentos rochosos no leito ou trechos cascalhentos. As planícies de inundação aparecem de forma descontínua e com margens rochosas, sendo comum a formação de barras compostas de cascalho podendo ou não ter vegetação associada, devido a estabilidade do material.

Quanto a morfologia do estilo fluvial parcialmente confinado, existe uma alternância de margens erosivas e deposicionais. As irregularidades presentes no leito e nas margens, nas áreas com afloramento rochoso, aumentam a vazão do canal intensificando os processos erosivos. Embora as planícies de inundação apareçam de forma descontínua ao longo desses trechos, os pontos em que essas estão presentes, há um extravasamento do fluxo, demonstrando uma diminuição de energia e conseqüentemente uma deposição de materiais finos.

O estilo fluvial não confinado está presente de maneira dominante no alto curso do rio Paraíba. As características desse estilo incluem, presença de planícies de inundação em ambas as margens, contínuas e extensas lateralmente. Nesses trechos há o predomínio de menor amplitude altimétrica e declividade plana, geometria simétrica das margens, com formação de barras arenosas ao longo do canal.

O leito é composto por areia fina e tanto as margens quanto as planícies de inundação são formados por sedimentos finos. Isso ocorre devido a propensão a inundações, e após esse

extravasamento do fluxo, os sedimentos que antes estavam suspensão, se depositam nas planícies, dando as características de solos férteis e ricos em matéria orgânica. Essa dinâmica vazão e sedimento, está diretamente relaciona aos aspectos de menor energia potencial dos trechos não confinados. Durante eventos de alta magnitude, o fluxo transborda e inunda as planícies, provocando um aumento lateral das margens e diminuindo a energia específica, por consequência, aumentando o processo deposicional.

Compreender os aspectos físicos do canal principal da bacia e classificar em estilos fluviais, nos permite obter uma melhor compreensão dos limiares de mudança desses ambientes, fator fundamental para o presente estudo, visto que é a partir dessas características que é possível conceber como as alterações ambientais no meio influenciaram nas dinâmicas naturais da área estudada.

Diante do exposto, o estilo fluvial confinado possui alta resistência a mudanças, devido aos aspectos geológicos que atuam como controladores fluviais mediante os afloramentos rochosos presentes nos leitos e margens. O mesmo para os trechos parcialmente confinados, com exceção dos pontos onde há presença de planícies de inundação, que estão mais sujeitos a mudanças e possuem capacidade de ajuste. Além das barras com material mais estável e cascalhento, a presença contínua de fluxo irá auxiliar no estabelecimento de vegetação, aumento a estabilidade dessas unidades, o processo de retroalimentação começa agir, resultando na formação de ilhas, influenciando no fluxo do canal, podendo alterar o nível de sinuosidade do trecho.

Perante os atributos físicos, principalmente sedimentares, do estilo fluvial não confinado, este apresenta maior capacidade de ajuste. A presença de barras arenosas, que entre uma quadra chuvosa e outra, podem migrar suas posições no vale fluvial de acordo com a magnitude dos eventos extremos que podem ocorrer. O material sedimentar arenoso que constituem as margens, leito e unidade geomórficas, traz a característica de entrelaçamento desses trechos, justamente com a mobilidade dos elementos sedimentares no canal.

Um outro ponto a ser ponderado, está na estabilização dessas barras arenosas por vegetação associada, esse processo pode levar a mudanças texturais, transformando barras arenosas em ilhas consolidadas. Essa seria umas das possíveis interferências do PISF na dinâmica fluvial do canal. O fluxo contínuo nesses trechos, mesmo não possuindo energia suficiente para mudanças de abruptas, podem levar a alterações gradativas, em que é possível

observar vazão nos períodos secos. Trechos que passavam a maior parte do ano secos, começaram a apresentar fluxo, mesmo que baixos e de aparência inofensiva. Acontece que a disposição contínua de umidade influencia diretamente na vegetação, que possui uma resposta rápida a esse estímulo. Unidades geomórficas antes constituídas apenas por sedimentos arenosos, com alta mobilidade, tornariam -se fixas e bem estabelecias no canal.

6.2 Análise da precipitação e vazão entre os anos de 2009 e 2021

Analisando as informações das estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo) e fluviométrica (Caraúbas) disponibilizadas pela AESA, é possível analisar as variações na vazão do canal principal da bacia entre os anos de 2009 e 2021, realizando também, uma correlação com a precipitação nesse mesmo período (Tabela 02).

O ano de 2009 representa o período mais chuvoso dentro dessa escala temporal em todas as estações pluviométricas, e conseqüentemente, também é o ano com maior vazão do canal. A estação Monteiro registra 900mm/ano, Camalaú 1.016mm/ano e Congo 932mm/ano, os dias com precipitação, entre as três estações, varia de 53 dias a 67 dias. A dinâmica das chuvas nesse mês resultou na vazão máxima de 129,2 m³/s, registrados pela estação Caraúbas, com 247 dias de fluxo no canal. Dessa forma consideramos um ano chuvoso, não apenas pelos acumulados, mas principalmente pela distribuição ao longo desse período.

Tabela 02: Comportamento de precipitação (mm) e vazão (m³/s) de 2009 a 2021.

ESTAÇÕES	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Monteiro (mm/ano)	900	758	770	194	524	476	520	450	586	513	566	1061	558
Dias com precipitação	53	52	46	20	33	46	28	37	52	47	58	72	52
Camalaú (mm/ano)	1016	542	555	143	400	444	258	220	189	349	499	678	519
Dias com precipitação	66	51	70	29	49	39	30	27	29	24	36	46	34
Congo (mm/ano)	932	660	610	60,7	269	249	302	166	273	421	551	506	231
Dias com precipitação	67	41	66	19	34	36	30	26	23	31	41	48	32
Caraúbas - Vazão máxima (m ³ /s)	129,2	6,40	45,6	2,2	1,8	13	21,2	4,5	16,7	14,5	12,1	22	12
Dias com vazão	247	169	218	8	11	131	40	25	282	146	125	55	268

Fonte: AESA. Organizado pelo autor. A tabela possui tons de cinza distintos, o tom mais claro sinalizando as três estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo), e o tom de cinza mais escuro, destacando a estação fluviométrica (Caraúbas).

Os anos de 2010 e 2011, ainda pré PISF, registram uma queda brusca na vazão máxima do canal, 6,40 e 45,6 m³/s, com 169 e 218 dias com vazão, respectivamente. O ano de 2012, é um dos mais secos dos últimos anos, esse período refere-se a um período de seca regional, com valores abaixo de 190mm/ano e menos de 30 dias com precipitação, a estação de Caraúbas aferiu a vazão máxima de 2,2 m³/s e 8 dias de vazão.

Entre os anos de 2013 e 2016, pré PISF com as obras iniciadas, os valores de precipitação oscilam bruscamente entre um ano e outro. A escassez hídrica, embora 2012 ainda se destaque como sendo o pior ano dentro desse período de estiagem prolongada, não se registra anos chuvosos como exemplificado no ano de 2009. A estação Congo registra em 2015, 302 mm/ano com 30 dias de precipitação, e no ano seguinte, 2016, a medição é de 166mm/ano e 26 dias de precipitação (Tabela 3).

A condição climática das chuvas não sofre grandes mudanças a partir de 2017, mas as variações na vazão do canal alteram-se de modo significativo. Pois é nesse ano que a transposição é enfim inaugurada, e seu funcionamento é iniciado, para regularização nos níveis dos açudes, que estariam em estágio crítico e operando muito abaixo do ideal, assim, significando que nos anos posteriores a implantação da transposição, a referida entrava em atividade apenas para regularização nos níveis dos açudes, não permanecendo operando continuamente. Ponto a se ressaltar quanto a isso, é que desde 2017 os dias com vazão se mantém acima dos 100 dias, com exceção de 2020. Isso se dá pelo fato de que a transposição, devido a manutenção em seu trecho ficou inativa, voltando a funcionar em 2021. Assim registrado em uma matéria em que foi entrevistado o presidente da AESA, Porfírio Catão, após o Governo Federal publicar a **PORTARIA N° 1804, DE 25 DE JULHO DE 2019**, que define as diretrizes básicas para elaboração do Plano de Gestão Anual (PGA) do exercício 2020 (SERTÃO, 2019; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2019).

Diante disso, é interessante observar que mesmo não havendo um aumento significativo na precipitação e nem na vazão do canal, a um prolongamento relevante na quantidade de dias com vazão. Em 2012 temos um cenário crítico de 8 dias com vazão e após cinco anos, um salto de 282 dias com vazão em 2017. E a partir desse ano até 2021, a mensuração da estação Caraúbas, nos fornece informações que mostram esses valores permanecendo acima dos 120 dias com vazão.

Os valores de vazão registrados não dão saltos tão abruptos, pelo contrário, continuam bem parecidos dentro desse recorte temporal. Isso ocorre devido ao fato de que o funcionamento do PISF é pontual, servindo para tender a uma demanda específica. Porém, essa permanência de fluxo é suficiente para alterar toda a dinâmica socioambiental da área. Do ponto de vista hidrogeomorfológico, com alterações morfológicas e na vegetação associada ao canal, além da perspectiva social, com a construção de pequenos barramentos, feitos pela própria comunidade adjacente.

6.3 Análise do uso e cobertura da terra em relação a dinâmica de precipitação e vazão dos anos de 2009, 2015 e 2021

Buscamos então correlacionar esses elementos e construir uma percepção ampla do contexto em que a BAP está inserida, em três cenários temporais distintos, 2009, 2015 e 2021. Correlacionando os elementos ambientais e sociais: Precipitação, vazão, obras de construção civil – O.C.C e uso e ocupação.

Em um primeiro momento, é possível observar a dinâmica pluvial e fluvial que ocorreu em 2009, sendo um ano atípico, com altas taxas de precipitação e prolongados dias com vazão. Ressaltasse que a estação fluviométrica Caraúbas fica a jusante das estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo), e por isso, algumas informações podem ter uma margem de discrepância. Visto que ao longo do canal, a dinâmica fluvial não se dá de maneira estática e sem interrupções.

Em janeiro, por exemplo, temos um alto valor de precipitação mensurado pela estação pluviométrica Monteiro (Tabela 03), em Camalaú esse valor desce consideravelmente e volta subir na estação Congo, porém a estação fluviométrica Caraúbas não registra vazão. O fato de os maiores valores estarem concentrado na estação Monteiro nos mostra a influência que a altimetria e o relevo exercem, a respeito das chuvas orográficas.

Tabela 03: Comportamento de precipitação (mm) e vazão (m³/s) de 2009

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Monteiro (mm/ano)	108,8	71	77,8	247,3	223,2	38,5	35,9	60	0	21,1	0	16,6
Dias com precipitação	5	5	6	16	9	3	3	2	0	2	0	2
Camalaú (mm/ano)	2,4	151,4	37,5	252,5	388,7	43,8	56,1	44,9	0	0	0	39,2
Dias com precipitação	1	7	7	14	16	6	7	4	0	0	0	4

Congo (mm/ano)	68,8	146,3	102,2	165,4	266,6	83,9	32,8	26,9	0,7	0	4,6	34
Dias com precipitação	4	7	7	15	11	5	6	4	1	0	3	4
Caraúbas - Vazão máxima (m ³ /s)	0	38,01	11,15	248,07	491,73	225,80	64,70	4,66	1,10	0,04	0	0
Dias com vazão	0	24	31	30	31	30	31	31	30	9	0	0

Fonte: AESA. Organizado pelo autor. A tabela possui tons de cinza distintos, o tom mais claro sinalizando as três estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo), e o tom de cinza mais escuro, destacando a estação fluviométrica (Caraúbas).

Também temos o fato de que mesmo 2009 sendo considerado um ano chuvoso, janeiro continua sendo um dos meses de baixa pluviosidade, somando as três estações, temos registrados apenas 09 dias de precipitação. Ressaltando a dinâmica de chuvas concentradas e longos períodos de estiagem.

E como mencionado anteriormente, a estação Caraúbas está localizada a jusante da cabeceira de drenagem e das estações pluviométricas, dessa forma, ao longo do canal, essas chuvas, que dentro do contexto não são tão significativas, irá chegar ao canal principal e seus tributários, e passar por uma série de pequenos barramentos e açudes. Isso seria uma explicação para os valores de vazão zerados, registrados em alguns meses, mesmo havendo precipitação. A magnitude dessas chuvas e frequência delas, são de suma importância para seu nível de relevância.

O período chuvoso em 2009 se concentrou de fevereiro a maio, e somando as três estações pluviométrica dentro desse período, temos o valor de 2.130mm com 120 dias de precipitação. Nesse mesmo período, a estação Caraúbas constatou em maio vazão de 129,91 m³ representando um período com eventos de alta magnitude. De março a maio, todos os dias do mês foram registrados fluxo no canal principal da BAP (Tabela 03).

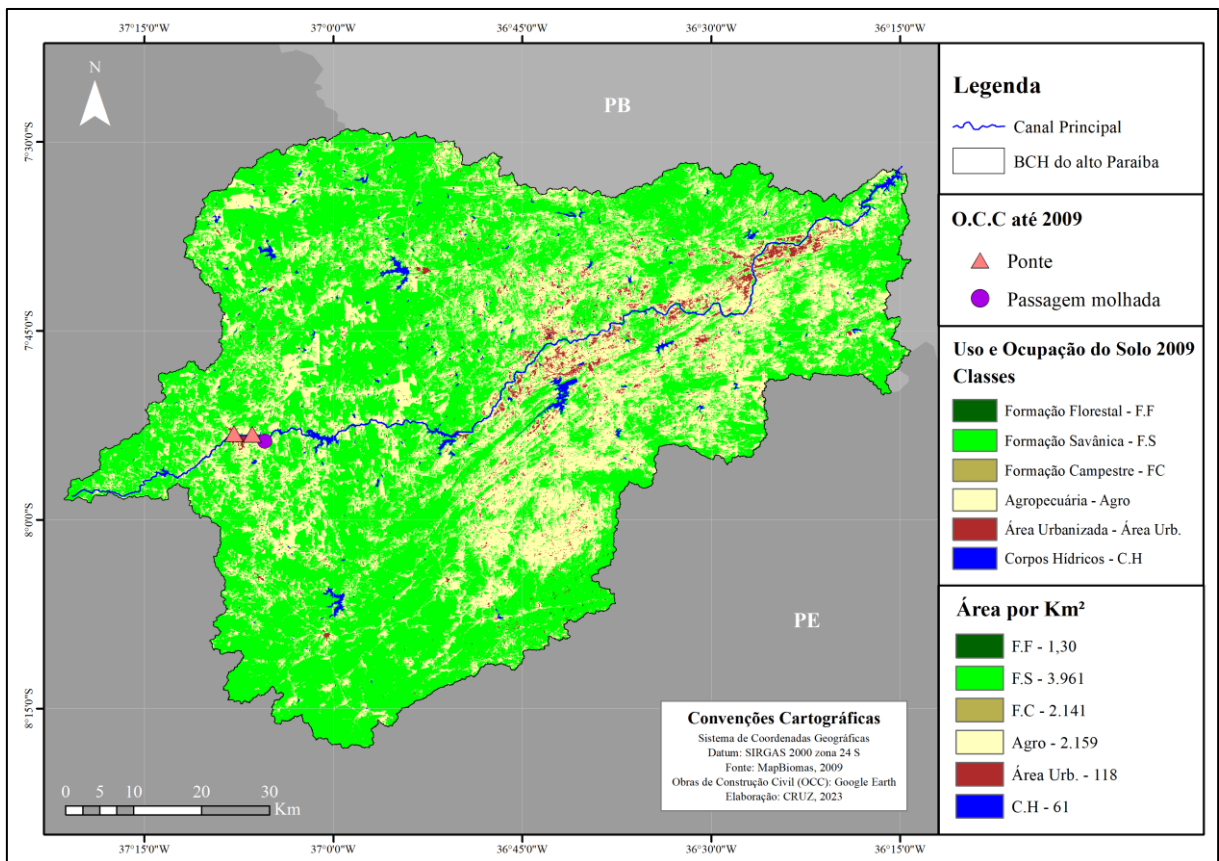
Os meses de junho a agosto, que normalmente estão fora do período chuvoso, registraram valores de precipitação e vazão, embora mais baixos quando comparados aos meses que os antecederam. Apesar disso, reforça a dinâmica chuvosa que o ano de 2009 se configurou, com níveis de vazão se mantiveram todos os dias nesses meses. Posteriormente, de setembro a dezembro, que normalmente são os mais secos do ano, e comprava-se isso, ao registrar baixíssima pluviosidade e níveis mínimos e zerados de vazão no canal.

Usando a base de dados disponibilizados pelo MapBiomas, coleção 7.0 do ano de 2009, conseguimos cruzar as informações anteriormente explanadas e analisar espacialmente

como se configuram na bacia, juntamente com as informações das O.C. C's, que foram extraídas das imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth. Ressaltasse que a nomenclatura utilizada nos mapas de uso e ocupação do solo, seguem as orientações do MapBiomas, igualmente as cores para cada classes destacadas.

Nas classes direcionadas a cobertura da vegetação, seguindo os direcionamentos do MapBiomas, entende-se como: Formação Florestal no bioma caatinga, vegetação com predomínio de dossel contínuo, floresta estacional Semidecídua e decídua; Formação Savânica, vegetação com predomínio de espécies de dossel semi - contínuo e estépica arborizada; Formação Campestre, vegetação com predomínio de espécies herbáceas a arbustivas, gramíneo - lenhosa, comumente localizadas em áreas inundáveis ao longo dos cursos de água.

Figura 07 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2009 do alto curso do rio Paraíba



Fonte: MapBiomas. Elaborado pelo autor

Analisando as informações do mapa de uso e cobertura do solo do ano 2009 (Figura 07), é possível perceber a dinâmica hídrica atípica ocorrida. Para além dos açudes de maior porte construídos ao longo do canal principal, conseguimos notar a distribuição da classe

corpos hídricos por toda a bacia, podendo indicar pequenos barramentos de menor proporção, mas que foram beneficiados pelas chuvas e pela vazão da rede de drenagem.

Temos como base o ano de 2009, para compararmos as mudanças ocorridas nas fases intermediárias das obras da transposição (2015) e a pós inauguração da construção do PISF (2021). Analisa - se que na BAP, entre as classes de cobertura da vegetação, a que possui maior proporção é Formação Savânica com 3.961 Km², seguida da Formação Campestre com 2.141 Km² e a Formação Florestal com 1,30 Km². Entre as classes de uso do solo, destaca - se a Agropecuária (agricultura e pastagem) com 2.159 Km², enquanto a Área urbanizada ocupa uma extensão territorial de 118 Km². Quanto as obras de construção civil – O.C.C, foram identificadas duas pontes e uma passagem molhadas, todas localizadas no município de Monteiro, que esse por sua vez está inserido na área de cabeceira da bacia (Figura 07).

Embora estejamos utilizando esse recorte temporal como base para analisar as mudanças ocorridas nos anos posteriores, as informações de uso e cobertura do solo do ano de 2009 mostram uma bacia hidrográfica consolidada por atividades agropecuárias e com baixa expressividade de vegetação de porte arbóreo. Podendo ser considerada uma bacia com nível elevado de antropização, e por consequência, sensível a mudanças que visam intensificar processos de retirada da vegetação ou alterações no fluxo hidrológico.

O ano de 2015, o segundo recorte temporal escolhido para a análise, está representando um ano seco, ainda refletindo a severa estiagem iniciada em 2012 e desde então, anos chuvosos como foi registrado o de 2009, não foram observados. Ao observar a Tabela 04, vemos os valores de precipitação e vazão, discriminados na mesma estrutura que os dados trabalhados no tópico anterior, utilizando as mesmas estações e unidades de medidas.

A quadra chuvosa é delimitada pelos meses de fevereiro a maio, com uma zona de transição de junho a julho, e o período seco sendo representado pelos meses de agosto a janeiro. No período chuvoso, somando as três estações pluviométricas, temos um acumulado de 660 mm, com 42 dias de precipitação. Nesse mesmo período o maior registro da estação fluviométrica Caraúbas foi de 100,12 m³ no mês fevereiro, com 12 dias de vazão (Tabela 04).

Tabela 04: Comportamento de precipitação (mm) e vazão (m³/s) de 2015

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Monteiro (mm/ano)	0	54,5	72,5	115,2	10,6	53,6	61,4	6,6	0	0	0	145,4

Dias com precipitação	0	3	3	4	2	4	7	2	0	0	0	3
Camalaú (mm/ano)	0	49,6	20,6	106,2	6,8	14,5	31	5	0	0	0	25
Dias com precipitação	0	5	1	5	3	4	7	2	0	0	0	3
Congo (mm/ano)	0	168,4	10,4	43,8	0,5	18,4	23,8	2,6	0	0	0	34,7
Dias com precipitação	0	4	6	5	1	4	7	1	0	0	0	2
Caraúbas - Vazão máxima (m ³ /s)	0	100,12	0,23	65,09	0	0	0	0	0	0	0	0
Dias com vazão	0	12	10	18	0	0	0	0	0	0	0	0

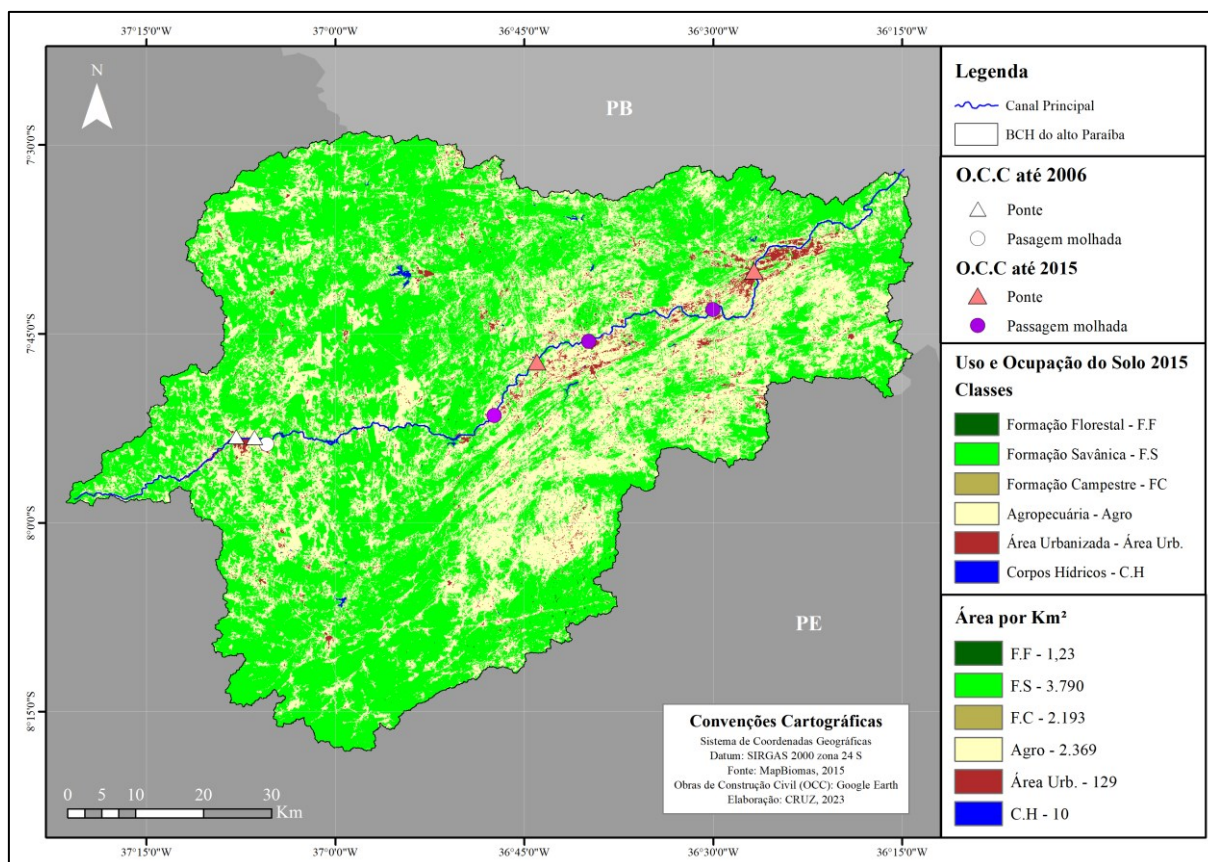
Fonte: AESA. Organizado pelo autor. A tabela possui tons de cinza distintos, o tom mais claro sinalizando as três estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo), e o tom de cinza mais escuro, destacando a estação pluviométrica (Caraúbas).

O fluxo hidrológico do ano de 2015 se configura na maior parte do ano com vazões nível 0 ou valores irrelevantes, baixa ou nenhuma precipitação. E nos meses em que há detecção de valores, esses detêm de forma concentrada em poucos dias do mês. A falta de constância faz com que apenas os eventos extremos consigam exercer uma ligação entres os elementos da paisagem, a transmissão de matéria e energia dentro da dinâmica fluvial.

O mapa de uso e cobertura do solo de 2015 mostram as modificações na paisagem ocorridas desde 2009. E ao analisarmos, vemos o aumento das classes agropecuária e área urbanizada, enquanto as classes Formação Florestal, Formação Savânica e Corpos Hídricos diminuem, sendo essa última compreensível devido ao contexto climático que a BAP está inserida.

A classe Formação Florestal perde de 2009 a 2015 cerca de 0,07 Km² e a classe Formação Savânica diminui por volta de 171 Km². Analisando o contexto de seca que a área estudada está inserida desde 2012, isso pode estar atrelado a atividades econômicas direcionadas ao desmatamento, para uso em carvoarias, ou simplesmente com a finalidade de transformar essa vegetação em lenha. Esse tipo de atividade é bem comum no semiárido, e em períodos de estiagem se tornam ainda mais intensas, devido à baixa produtividade na agricultura e dificuldades em manter pastagens e animais para abate. Indivíduos lenhosos são os mais explorados para essas atividades. Dessa forma, os números descritos das referidas classes de cobertura vegetal, que constam em produto cartográfico (Figura 08), em conjunto com a classe agropecuária, pode sinalizar um aumento no desmatamento para essa outra subatividade econômica.

Figura 08 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2015 do alto curso do rio Paraíba



Fonte: MapBiomias. Elaborado pelo autor

A classe Formação Campestre teve um aumento de 52 Km², seguido pela classe Agropecuária que cresceu cerca de 210 Km², e pôr fim a classe Área urbanizada, que teve um aumento de 11 Km². O número de O.C. C's também cresceu, contabilizando mais 02 pontes e mais 03 passagens molhadas. Somando os dois recortes temporais (2009 até 2015) identificou-se mediante as imagens históricas de satélite, 04 pontes e 04 passagens molhadas. No mapa acima (Figura 08), é destacado as obras de engenharia aferidas até 2009, essas estão na cor branca, para fins de análise da proporção dessas construções no canal principal da bacia aos longos dos anos.

O ano de 2021 traz o contexto mais recente da área estudada, no que diz respeito a dinâmica hidrológica, sendo esses os mais recentes dados publicados pela AESA. Nesse cenário, temos um comportamento mais próximo do padrão natural da área, em relação as chuvas, que seria uma quadra chuvosa bem estabelecida, meses de transição para o período de estiagem, e os meses secos propriamente dito.

Os meses chuvosos de 2021 vão de fevereiro a maio, e somando os acumulados das três estações temos 1.028,6mm nesse período, e 75 dias com precipitação. A estação Caraúbas registra vazão na maior parte dos meses que estão inseridos na quadra chuvosa, sendo março o mês sobressalente, com vazão de 2,34 m³ e 21 dias com fluxo no canal principal da BAP (Tabela 5).

Tabela 05: Comportamento de precipitação (mm) e vazão (m³/s) de 2021

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Monteiro (mm/ano)	12,6	133,8	21,9	221,3	62,7	38,9	38,9	3,9	0	0	2	21,6
Dias com precipitação	2	4	8	9	12	3	7	3	0	0	1	3
Camalaú (mm/ano)	0	64,8	98,2	244,8	30,9	8,8	16,3	2	0	0	0	53,5
Dias com precipitação	0	3	7	7	5	3	5	1	0	0	0	3
Congo (mm/ano)	0	51,7	29	42,8	26,7	7,6	4	4,2	0	0	0	6,5
Dias com precipitação	0	3	5	6	6	4	2	3	0	0	0	3
Caraúbas - Vazão máxima (m ³ /s)	0	5,52	5,82	1,25	0,31	0,09	0,81	0,81	14,6	13,6	11,2	28,3
Dias com vazão	0	12	21	26	25	0	31	31	30	31	30	31

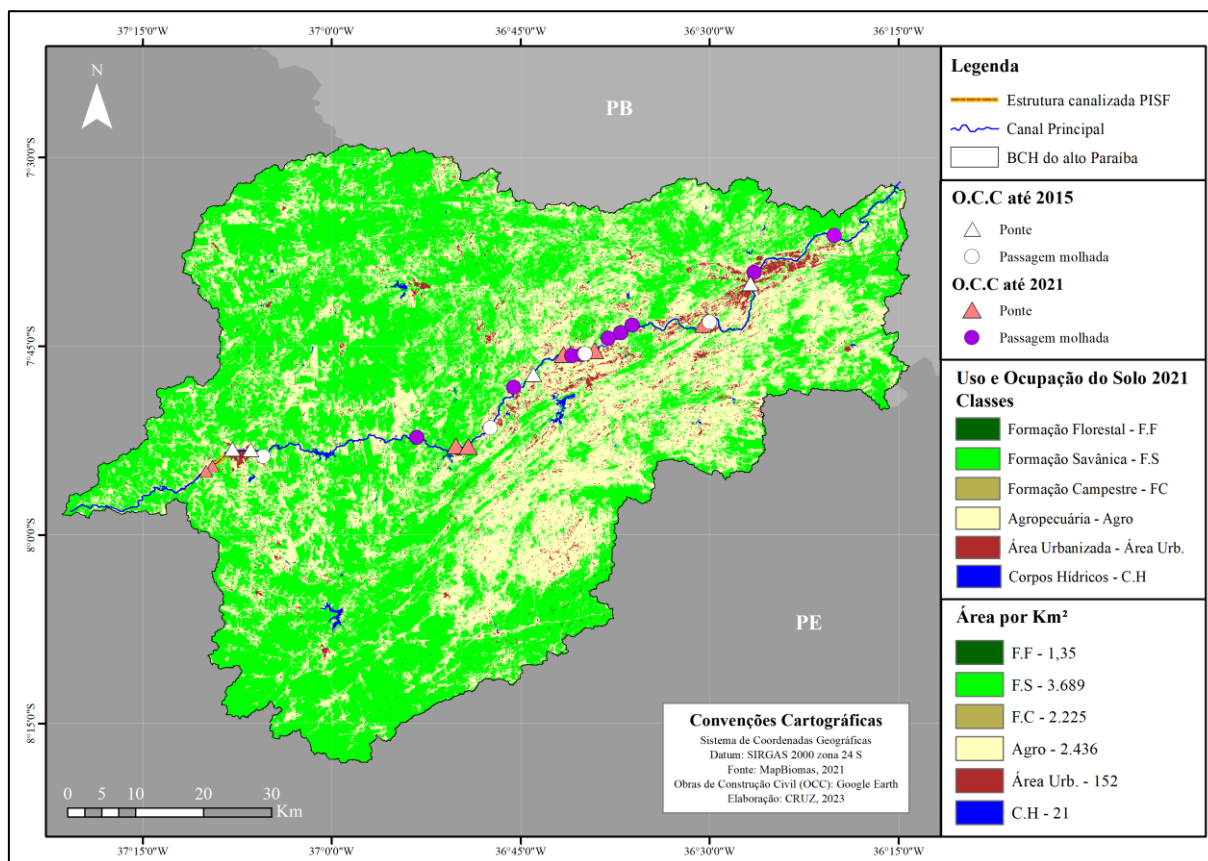
Fonte: AESA. Organizado pelo autor. A tabela possui tons de cinza distintos, o tom mais claro sinalizando as três estações pluviométricas (Monteiro, Camalaú e Congo), e o tom de cinza mais escuro, destacando a estação fluviométrica (Caraúbas).

Analisando os valores descritos (Tabela 05), nota-se que os meses que normalmente seriam os mais secos do ano, entre agosto e dezembro, possuem fluxo significativo registrado no canal principal, e até maiores que alguns meses da quadra chuvosa. Muito embora não se tenha registrado precipitação significava, estando esses valores em níveis mínimos ou zerados, nas três estações, enquanto a taxa de vazão varia de 0,81 e 28 m³, mantendo-se presente de forma constante, pois em todos os dias desses cinco meses são detectados fluxo no canal.

A partir dos dados explanados no parágrafo anterior, observa-se o modo de atuação do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF na BAP. No período de escassez hídrica devido à falta de precipitação, a transposição é acionada para regulação nos níveis dos açudes da região, causando uma movimentação nos canais que não havia anteriormente a ativação do projeto. Isso devido ao fato de que os rios que nos períodos de baixa pluviosidade estariam completamente secos, passa ter fluxo, de forma estável e constante, por todo esse período.

Ao observar o mapa de uso cobertura do solo do ano de 2021 (Figura 09) algumas notórias mudanças saltam os olhos, podendo ter uma correlação direta com essas variações no fluxo do canal nos períodos de estiagem pluvial.

Figura 09 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2021 do alto curso do rio Paraíba



Fonte: MapBiomias. Elaborado pelo autor

As Obras de Construção Civil – O.C.C aumentaram seus números de maneira significativa. Foram detectadas mediante imagens históricas de satélite 08 passagens molhadas e 06 pontes, tendo a maior parte delas surgido nas imagens em meados de 2019. Somando todas as O.C. C's identificadas nos três recortes temporais, temos 11 pontes e 12 passagens molhas, apenas no canal principal da bacia. Esse aumento pode estar associado a inatividade do PISF no ano de 2020, valendo-se desse período para construção e revitalização dessas estruturas. Sendo interessante ressaltar, que algumas, principalmente as de menor porte, podem não terem sido contabilizadas, entendendo os limites das imagens de satélite do Google Earth (Figura 09).

Nas pesquisas bibliográficas para compreensão do contexto da área nesse tópico, foram encontradas duas matérias, disponíveis no site oficial do Governo estadual da Paraíba, anunciando abertura de editais para construção de mais passagens molhadas para as áreas rurais

do Estado. Lendo a matéria na íntegra, não se tem de forma clara a informação de onde, especificamente, serão os locais para a construção dessas estruturas, mas tem-se o quantitativo planejado.

O Governo do Estado da Paraíba, juntamente com o Projeto Cooperar/PB sustentável, abriu edital para licitação de Nº 06/22 para construção 118 acessos rurais (passagens molhadas), que serão distribuídas em 10 lotes. No ano de 2023, mediante edital de Nº 001/23, mais 115 passagens molhadas foram anunciadas para o processo de licitação, organizadas em 13 lotes de construção (GOVERNO ESTADUAL DA PARAÍBA, 2022; GOVERNO ESTADUAL DA PARAÍBA, 2023). Diante disso, nota-se que a movimentação pública está ativa e empenhada em mais construções, enxergando as novas necessidades, haja vista que houve mudanças hídricas que necessita ser adaptadas.

Com relação a cobertura do solo no ano de 2021 (Figura 09), todas as classes sofreram alterações. A classe Formação Florestal teve um aumento de 0,12 Km², enquanto a Formação Savânica diminuiu 101 Km², ao passo que a Formação Campestre cresceu cerca 32 Km². A respeito dos usos, a classe Agropecuária continua em expansão, aumentando 67 Km² de seus territórios. A dinâmica urbana também continua sua ampliação territorial, a classe Área urbanizada, registou um aumento de 23 Km².

Diante do exposto, a BAP é colocada em contexto, e após avaliar a dinâmica de uso e cobertura do solo, ao longo desses recortes temporais, a compreensão das mudanças no sistema fluvial do canal principal tornam-se mais claros, para análise posterior. Seguimos então, direcionando o foco de análise e aumentando a escala, evidenciando as mudanças no trecho amostral BAP – 1.

6.4 Fotointerpretação e aplicação de GRVI em trecho amostral

Para esse ponto selecionado, mapas de Uso e cobertura do solo, que foram confeccionados mediante análise de imagens de satélite, disponibilizadas pelo *Google Earth*, utilizando a técnica de fotointerpretação. As datas selecionadas estão na premissa pré e pós PISF, mas não necessariamente segue os mesmos anos da análise anterior, isso devido a disponibilidade das imagens de satélite pela plataforma *on-line*.

O principal objetivo em realizar essa análise, é extrair e utilizar dos recursos gratuitos disponíveis, o máximo de informações possíveis do recorte espacial estudado. Ampliando a

escala de detalhe, é possível conceber as modificações mais sutis, corroborando no fornecimento de informações sobre a dinâmica fluvial e uso e cobertura vegetal no semiárido. De modo a fornecer apontamentos iniciais sobre as mudanças que esses ambientes veem passando nos últimos anos, principalmente, pós PISF.

A nomenclatura usada para classificar a vegetação está baseada principalmente no histórico de uso da área, sendo possível atestar nas imagens de satélite, e a densidade que essas se apresentam, compreendendo o contexto de cada trecho. A classificação arbustiva – arbórea representa a vegetação que aparece na historicidade das imagens sem grandes alterações visíveis, apresentando uma maior densidade. Porém estão abarcadas em um contexto antropizado, não sendo possível afirmar com certeza de que se trata se uma área preservada em estágios avançados de desenvolvimento vegetal, pela falta de algumas características essenciais para isso, como por exemplo, heterogeneidade das copas, sombras e por não estarem em uma área de contínuo florestal. Essa afirmação só seria coerente com aferição *in loco*, por isso, o prudente é atestar e indicar a partir daquilo que é possível comprovar, sendo assim, essas áreas, perante o contexto de degradação, são as mais desenvolvidas, mas com ressalvas.

A classificação herbácea – arbustiva, indica uma vegetação mais espaçada e pouco desenvolvida, e que em alguma imagem pretérita foi atestada uma degradação. As áreas de agricultura são direcionadas para aquelas que é possível identificar as linhas de cultura, ou parcelas de vegetação bem delimitadas, geralmente em formatos retangulares ou quadrados.

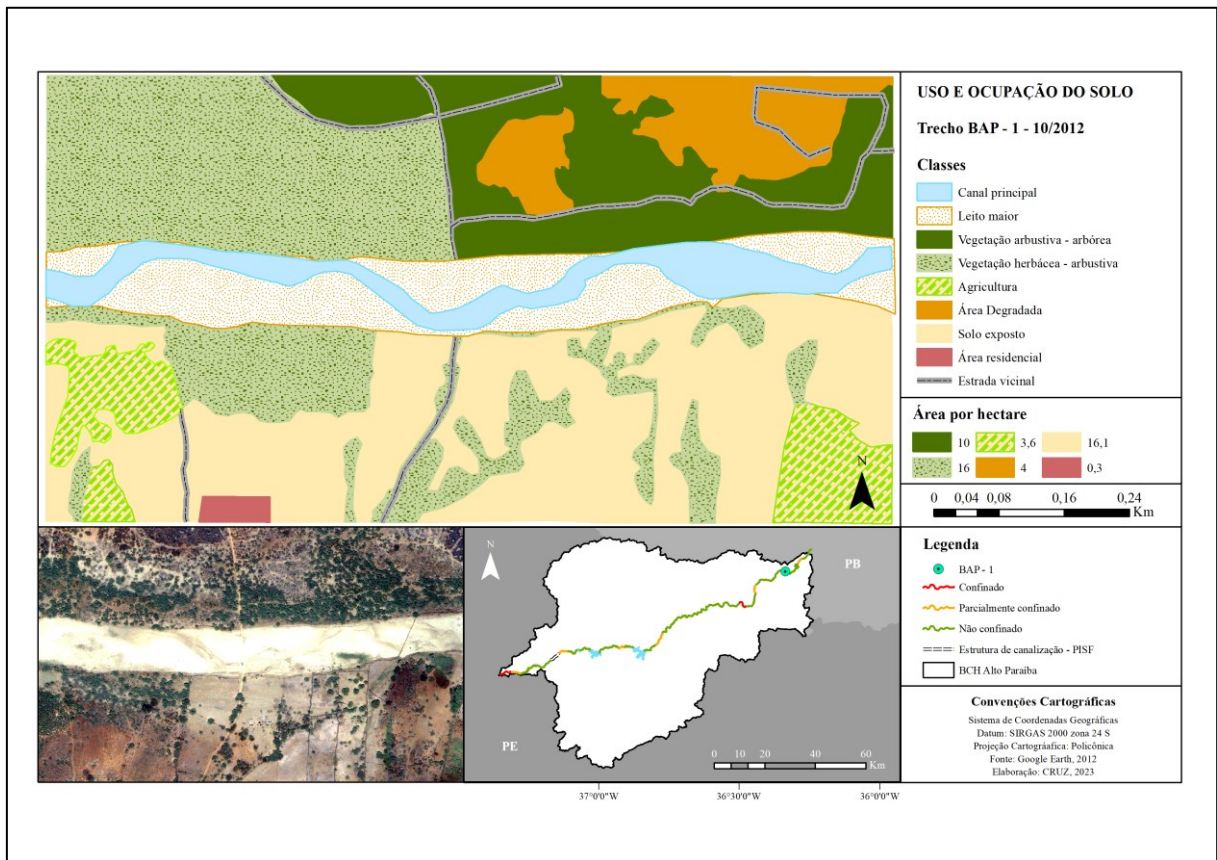
A classificação de áreas degradadas, foram direcionadas para áreas que é identificado alteração na vegetação, porém não ficando muito claro a finalidade do uso, podendo ser uma área de cultivo inicial, área de pastagem não delimitada ou resquício de queimadas. O ponto de partida é a comparação com vegetação que está rodeado esse ponto de degradação, servindo de base comparativa.

A classe solo exposta sofre algumas adaptações, a depender do trecho e os aspectos de uso da terra. Para áreas em que as linhas de cultivo estão bem estabelecidas, é coerente classificar como agricultura, porém, áreas em que o uso pode tratar -se de pastagem, desmatamento para extração de madeira ou outra atividade que venha a deixar o solo sem cobertura vegetal, indicar a desnudação do solo se faz mais congruente, do que “chutar” qual uso está sendo posto em prática, afinal, pode indicar também, uma área abandonada. E dentro na nossa interpretação, diferenciar solo exposto e agricultura, já se faz suficiente.

As áreas residenciais são delimitadas a partir do avistamento de casas e desmarcações acentuadas das propriedades. As estradas vicinais, referem-se as estradas de barro, que cortam o perímetro rural. São diferenciadas a partir do conjunto em que elas aparecem, ou seja, geralmente estradas levam de um ponto a outro, e por isso ficam bem delimitados. Na quantificação da área são lidas como solo exposto, mas para análise qualitativa, é interessante se fazer a separação, pois representa a movimentação e circulação no trecho, quão ele está sendo acessado para uso.

O BAP – 1 está situado no município de São João do Cariri, localizado a jusante do início da estrutura do PISF. A imagem é datada como outubro de 2012, como visto na tabela 3, refere-se a um ano de seca severa, com baixos níveis pluviométricos e taxas fluviométricas praticamente inexistentes. Isso explica alguns pontos de vegetação de coloração amarronzada e áreas de cultivo com aspecto abandonado, sendo o caso do polígono que está representado pela classe área degradada (Figura 10).

Figura 10 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2012 Trecho - BAP - 1



Fonte: Google Earth. Elaborado pelo autor

O trecho é classificado como canal não confinado, com planícies de inundações contínuas e com alto potencial de extravasamento amplo da drenagem, por estar próximo a foz do canal, onde a altimetria e declividade são menos acentuadas. O brilho do material de fundo indica que o leito do canal é arenoso, com delimitação suave entre canal e leito maior, dando a configuração retilínea. A largura do canal mostra pouco fluxo hídrico recente, sem trabalho erosivo aparente, e sem deposições com formação de barras arenosas, devido à ausência de fluxo no canal.

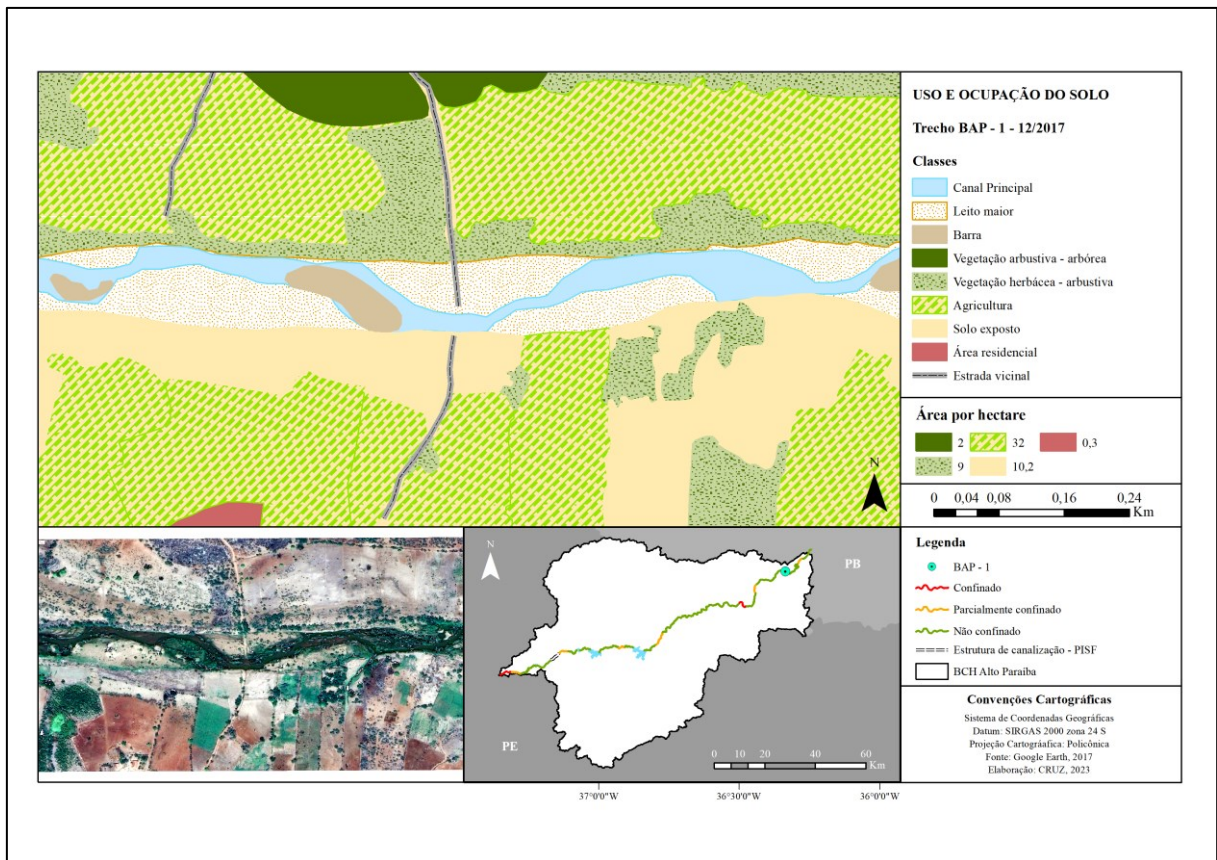
Quanto ao uso, 06 classes foram encontradas: Vegetação arbustiva – arbórea, indicando áreas de vegetação contínua, densa e em processo de desenvolvimento, em alguns pontos está na cor marrom devido a pouca umidade, mas a textura rugosa sinaliza as características dos espécimes, ocupando uma área de 10 hectares. Vegetação herbácea – arbustiva, na imagem esses indivíduos se encontram em áreas com sinais de degradação por agricultura, devido a falta de padrão retilíneo, muito comum no plantio, indicando uma área abandonada em estágio de recuperação, provavelmente nas fases iniciais. Essa classe também abarca indivíduos isolados e espaçados, ocupando uma extensão de 16 hectares (Figura 10).

A classe agricultura, foi direcionada a áreas que ainda aparentam as linhas de cultivo, bem como áreas com vegetação dispostas de forma mais organizada, representando 3,6 hectares do trecho; A classe área degradada, sinaliza uma parcela do solo que diferente da vegetação do entrono, mas que não apresenta características de solo exposto, indicando uma supressão sem motivo atestável, representado uma área de 4 hectares.

A classificação solo exposto foi atestada a partir nas características homogêneas, aspecto liso e de coloração que vão de tons de cinza a avermelhados. Essas áreas podem indicar áreas de agricultura abandonadas ou pastagem, sendo a uma das maiores classe em extensão do trecho, com cerca de 16,1 hectares. E por fim a classe área residencial, e foi delimitada a partir da verificação da existência de uma construção que seguem características de uma casa, com leves delimitações por cerca, ocupando 0,3 hectares.

No mesmo trecho (BAP – 1) selecionamos a imagem disponível mais próxima ao funcionamento do PISF. A Figura 11 é datada do mês de dezembro de 2017, nove meses após o recebimento das águas do “velho chico”, que ocorreram em março de 2017. Ao comparar com o recorte temporal anterior, mudanças relevantes saltam a imagem, a transição de uso e supressão da vegetação, marcam essa temporalidade.

Figura 11 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2017 Trecho - BAP - 1



Fonte: Google Earth. Elaborado pelo autor

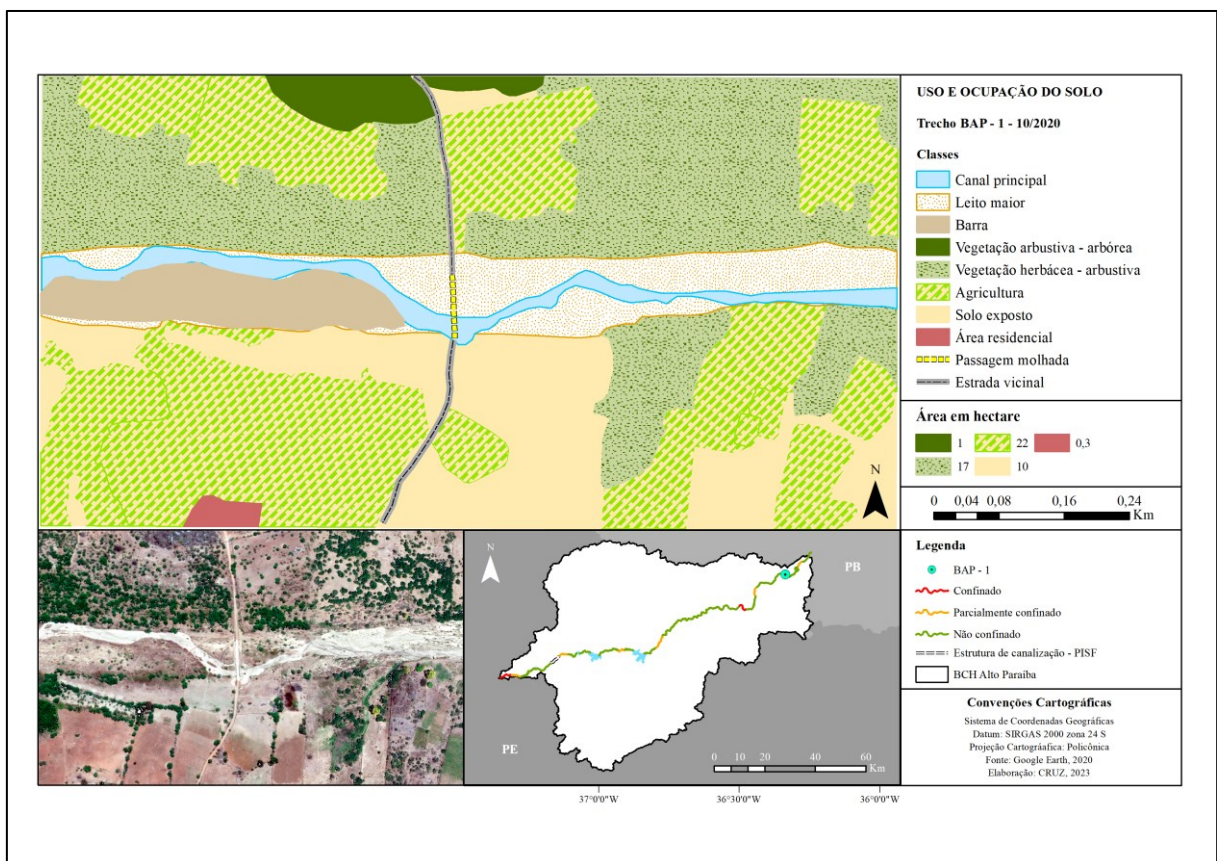
A morfologia do canal está mais incisiva, com a presença de fluxo hídrico torna-se mais evidente a sinuosidade do canal. Destaca-se as zonas de erosão e transporte de sedimentos, com a presença de barras arenosas que se formam ao longo do trecho. A transição de uso e cobertura da vegetação, quando comprado ao ano de 2012, percebe-se um aumento significativo das áreas agricultáveis, indicando que boa parte delas já existiam e estariam abandonas. Além do desmatamento acentuando na planície esquerda do trecho, não sendo o contexto da figura 10.

Dessa forma, temos uma diminuição de 8 hectares na Vegetação arbustiva – arbórea, e de 7 hectares na Vegetação herbácea – arbustiva. Ao mesmo tempo que há um aumento de 28,4 hectares na classe agricultura e uma diminuição de 5,9 hectares na classificação solo exposto. Ressalta-se que embora as áreas colocadas como agricultura estejam sem cobertura vegetal significativa, e compreendendo a partir da dinâmica do escoamento superficial, haveria um comportamento parecido com a classe solo exposto, porém, é importante destacar a finalidade dessas terras, e abarcar todas essas áreas na classe solo exposto, sem fazer distinção do uso, mascararia a relação da comunidade com a terra, nesse trecho (Figura 11).

Seguindo para o terceiro recorte temporal do trecho BAP – 1, após três anos do primeiro funcionamento do PISF, a imagem usada é datada de outubro de 2020. Nela percebemos a consolidação das áreas agricultáveis, que se fazem presentes nas características da do solo, bem como na estabilização das barras arenosas, que se configura, nesse recorte, como uma única área de deposição de sedimentos, que se estabelece na margem direita do canal, tomando quase metade do trecho.

A sinuosidade da drenagem adquiri características bem delimitadas, e embora o canal esteja sem fluxo, é possível fazer a distinção entre as unidades geomórficas e o percurso que a vazão toma na maior parte do ano. A diferença entre a carga de fundo do leito e a composição da barra arenosa, estão expressas nas cores, brilho, sombra, textura e contexto da imagem (Figura 12).

Figura 12 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2020 Trecho - BAP - 1



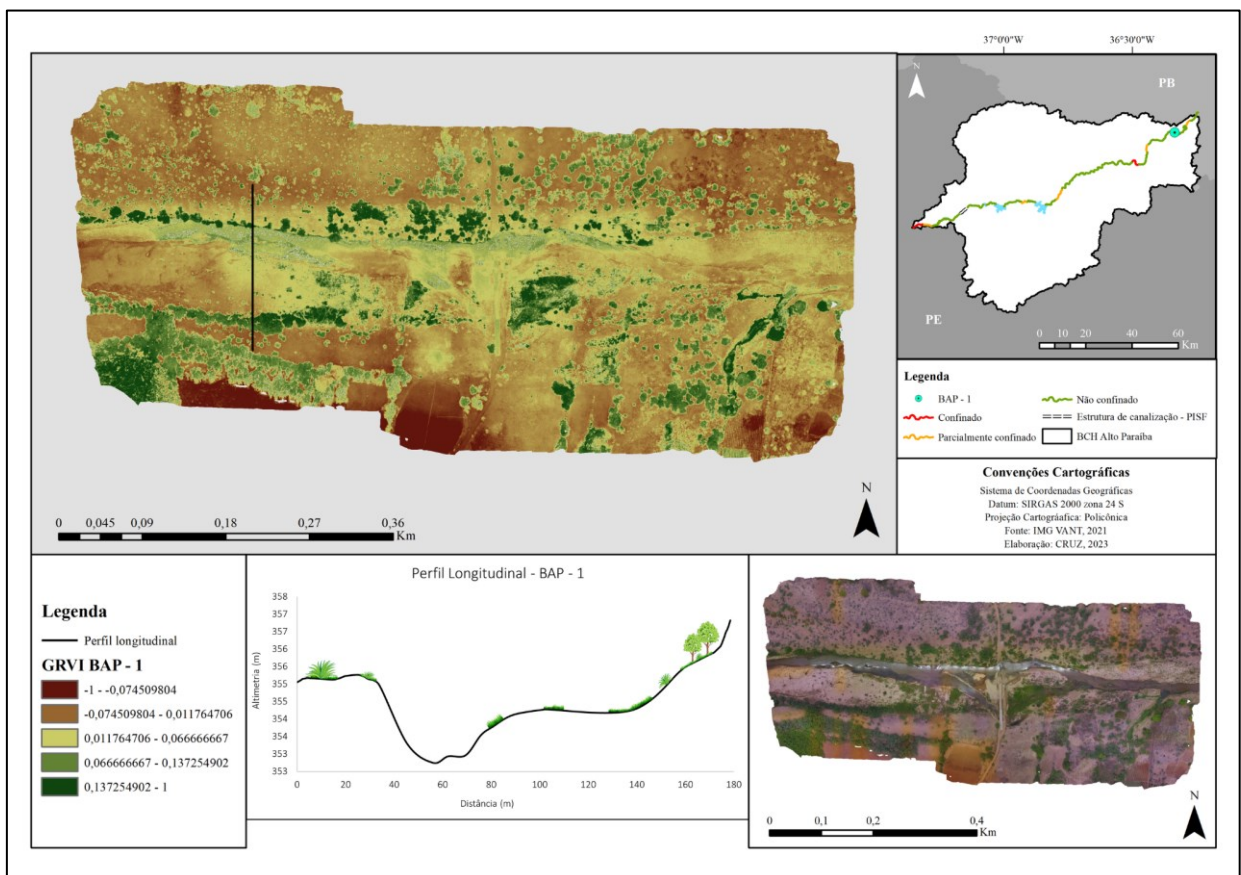
Fonte: Google Earth. Elaborado pelo autor

A classe de Vegetação arbustiva -arbórea continua a diminuir, ocupando cerca de 1 hectare, em contrapartida, as áreas classificadas como Vegetação herbácea – arbustiva, volta a aumentar, com 17 hectares. Esse aumento pode indicar culturas em desenvolvimento ou áreas

novamente abandonadas, seguindo os períodos de umidade associado a vazão do canal, ou seja, havendo fluxo hídrico, retoma-se as zonas de cultivo, quando não há, as áreas ficam sem uso, e indivíduos primários passam a ocupar.

O próximo recorte temporal analisado, ainda do trecho BAP – 1, é datado do mês de dezembro de 2021, em que é possível perceber as alterações que foram feitas devido ao aumento na vazão do canal, além do desvio do fluxo também influenciado pela obra de engenharia (Figura 13). Observando primeiramente esse ponto, nota-se que na Figura 12, a O.C.C está sob o fluxo na porção do canal em que a sinuosidade erode a margem direita, tendo um único vale fluvial no trecho.

Figura 13 – Aplicação do índice GRVI ano de 2021 Trecho - BAP - 1



Fonte: IMG VANT. Elaborado pelo autor

Enquanto na Figura 13, percebe – se que esse fluxo hídrico principal é desviado, cortando uma área que anteriormente seria a zona de deposição, na margem esquerda do canal. Com esse desvio, temos a formação de uma barra arenosa que divide o canal em dois, o novo sentindo tornando-se o principal, concentrando mais vazão, e outro canal, que anteriormente era o principal, continua com fluxo hídrico, porém passa a fazer um trabalho de deposição, que

antes era de erosão. No dia em que o voo foi realizado, identificou vestígios de obras, sinalizando revitalização da passagem, e no ano seguinte, com os trabalhos de campo do GEAFS, constatamos as obras de ampliação da passagem molhada até a margem esquerda do canal. É válido ressaltar, conforme Tabela 3 e 6, que o ano de 2021 registra 268 dias de vazão no canal, porém as chuvas o concentram-se nos meses de fevereiro a maio, tendo em dezembro baixos volumes pluviométricos.

Para análise da vegetação, foi usado o *Green-Red Vegetation Index* – GRVI, que trata – se de um índice físico aplicado as bandas RGB, com alta sensibilidade espectral a coloração verde, discriminando em classes as mudanças fenológicas da vegetação. Por se tratar de uma imagem de alta resolução, a comparação entre os valores gerados e a realidade do contexto da área, torna se mais perceptível e coerente. Diante disto, foram geradas 5 classes: A primeira de valor negativo, -0,075 na cor vermelho, está relacionado ao solo exposto, que com ajuda da coloração usada, destaca-se as áreas delimitadas para fins de agricultura. As três últimas classes, 0,06 a 0,13, refere-se a uma vegetação pouco desenvolvia, que vão desde características herbáceas a arbustivas de menos densidade, segundo o trabalho de Silva, 2020, ela caracteriza vegetação densa, mediante o GRVI, com valores a partir de 0,59. A vegetação presente no trecho está associada as áreas de agricultura na planície direita, e associada e as margem esquerda do canal formando uma suave linha de vegetação ciliar, em estágios iniciais de desenvolvimento, destacando a parte mais densa as áreas de agricultura consolidada à margem direta.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia hidrográfica do Alto curso do rio Paraíba faz parte de um dos mais importantes rios do estado, atravessando-o e abastecendo a população do Cariri ao litoral. Considerando que todas as mudanças que ocorrem a montante irão impactar a jusante, essa área desempenha papel fundamental na manutenção do sistema hídrico da Paraíba, sobretudo após a chegada das águas do PISF. O uso de informações disponibilizados pelos Órgãos ambientais e organizações científicas, atrelado as técnicas de sensoriamento remoto de análise e interpretação de imagem, auxiliaram a compreender o contexto que a bacia está inserida e suas mudanças ao longo dos últimos anos. O cenário do ano de 2009, pré PISF, serviu como ponto de partida para análise das mudanças hídricas, de uso da terra e na cobertura da vegetação até o ano de 2021.

Com base na discussão dos resultados da dinâmica hídrica, a bacia hidrográfica em 2009 está inserida em um regime pluviométrico e fluviométrico atípico, com altos níveis de precipitação e vazão na quadra chuvosa. Em 2012 uma seca severa atinge a região, impactando a dinâmica pluvial até o ano de 2018. Em 2017 a transposição é inaugurada, operando desde então nos períodos mais secos do ano para regularização nos níveis dos açudes, com exceção do ano de 2020, que devido a manutenções na estrutura do PISF, esse se manteve inativo. A partir de 2017, os dados de vazão mostram uma alteração comportamental, a constância do fluxo no canal principal permanece estável todos os dias dos meses de estiagem. Funcionamento distinto dos que são observados antes de 2017, em meses sem precipitação, o natural de rios intermitentes são vazões nível 0.

O mapeamento de uso e cobertura da terra dos anos de 2009, 2015 e 2021, mostram uma constante expansão das áreas classificadas como atividades agropecuárias e área urbanizada. A classe formação savânica diminui ao longo desse recorte temporal, ao passo que a classe formação campestre aumenta em extensão territorial. A transição de uma vegetação para outra está diretamente relacionada ao uso e ocupação dessas áreas. Nos períodos supracitados, mediante imagens de satélite, foi quantificado O.C. C's, ao longo de todo canal principal. Após a identificação e classificação entre ponte e passagem molhada, notou-se um aumento relevante nessas obras, a partir de 2019. Essa movimentação atesta a necessidade dessas construções que viabilizam a mobilidade da população perante o aumento da vazão no canal.

Em 2012 a morfologia do canal possui padrão retilíneo, sem fluxo hídrico e com leito arenoso sem barras. A vegetação predominante foi classificada como herbácea – arbustiva,

tendo também expressividade da vegetação arbustiva – arbórea. A concentração da vegetação está na planície de inundação esquerda do canal, enquanto o lado direito, há uma predominância de solo exposto, e áreas de agricultura. Em 2017, a disposição de umidade no trecho aumenta, na imagem é possível constatar vazão no canal, aumento na sinuosidade, bem como surgimento de barras arenosas. A concentração de vegetação diminui de forma significativa, sendo substituídas por áreas de agricultura.

Em 2020, vemos o surgimento de uma passagem molhada no canal, e a redução das áreas destinadas a agricultura. Levando em consideração o ciclo de plantação e colheita, essa diminuição pode indicar uma pausa nas atividades, que são retomadas próximo ao período chuvoso. Em 2021 foi aplicado Índice de Vegetação GRVI, que se mostrou eficaz para identificação do porte e densidade da vegetação presente no trecho, que apresentaram características com baixa densidade e com porte que variou de herbáceo a arbustivo. Na imagem de alta resolução também se constatou mudanças na drenagem, com presença de fluxo, e bifurcação no canal, com indicações de ampliação da passagem molhada para que possa abarcar o novo canal de drenagem.

Conclui-se, mediante as informações levantadas e discutidas, sobre o uso e cobertura do solo da Bacia hidrográfica do Alto curso do rio Paraíba, trata-se de uma área que sofre pressão forte pressão antrópica associada aos canais de drenagem, e com construção do PISF, dinâmica tenderá aumentar e a expandir. Além de compreender a dinâmica natural dos elementos ambientais atuantes no sistema e suas inter-relações, o registro e debate sobre as mudanças ambientais causadas pelos fatores externos, guiam discussões profundas, compatíveis com a realidade, e possibilitando considerar cenários futuros que contribuam para o planejamento e gestão da área. Dessa forma, ressalta-se a importância de monitoramentos contínuos dessas áreas, sendo esse trabalho uma contribuição inicial para pesquisas e questionamentos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Elânia Daniele & SILVA, Janaina & MACHADO, Célia. (2019). ANÁLISE DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB UTILIZANDO TÉCNICA DE DETECÇÃO DE MUDANÇA. OKARA: Geografia em debate. 386-401. 10.22478/ufpb.1982-3878.2019v13n2.40386.
- ALMEIDA J. D. M. & CORRÊA A. C. B. - Rev. Bras. Geomorf. (Online), São Paulo, v.21, n.1, (Jan-Mar) p.171-183, 2020
- ALLEN, Daniel C.; DATRY, Thibault; BOERSMA, Kate S.; BOGAN, Michael T.; BOULTON, Andrew J.; BRUNO, Daniel; BUSCH, Michelle H.; COSTIGAN, Katie H.; DODDS, Walter K.; FRITZ, Ken M. River ecosystem conceptual models and non-perennial rivers: a critical review. *Wires Water*, [S.L.], v. 7, n. 5, p. 02-10, 28 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/wat2.1473>.
- ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S. D.; SOUZA, E. N. D. NÚCLEOS DE DESERTIFICAÇÃO NO ESTADO DA PARAÍBA. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 17, 15 jun. 2009.
- ARAÚJO, A. S. D. et al. Análise comparativa dos parâmetros de segmentação e regras de classificação das vias pavimentadas de Marília/SP. *Caderno de Geografia*, v. 30, n. 60, p. 112–127, 17 dez. 2019.
- BERTALANFFY, V. L. Teoria geral dos Sistemas. Petrópolis: Editora Vozes, 1975
- BEZERRA, M. de B. Impactos de Passagens Molhadas na Morfodinâmica Fluvial do Baixo Curso do Rio Jaguaribe: uma análise a partir da Barragem das Pedrinhas em Limoeiro do Norte-Ceará. Fortaleza: UECE, 2010, 114p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.
- BILLI, P. et al. Meander hydromorphology of ephemeral streams: Similarities and differences with perennial rivers. **Geomorphology**, v. 319, p. 35–46, out. 2018.
- BORGES, Fernanda Oliveira; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do ribeirão Bom Jardim e rio das Pedras, Triângulo Mineiro. *Revista Cerrados*, Universidade Estadual de Montes Claros, ano 2019, v. vol. 17, ed. núm. 1, p. pp. 114-130, 30 jun. 2019. DOI <https://doi.org/10.22238/rc2448269220191701114130>. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1027>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. Geomorphology and river management: applications of the river styles framework. Blackwell Publishing. 2005
- Caderno de caracterização: estado da Paraíba / organizadores, Renan Loureiro Xavier Nascimento ... [et al.]. – Brasília, DF: Codevasf, 2022.
- BRANCO, André Trigueiro Oliveira Castelo; SOUZA, Jonas Otaviano Praça. IDENTIFICAÇÃO DE IMPEDIMENTOS LONGITUDINAIS ANTRÓPICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO CURSO DO RIO PIANCÓ – POMBAL – SEMIÁRIDO

PARAIBANO. **12º SINAGEO: Paisagem e Geodiversidade: A valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro**, CRATO - CE, 2018.

CAVALCANTE, Andrea Almeida. Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: o rio jaguaribe à jusante da barragem do Castanhão-CE-brasil. 2012. 228 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

CAVALCANTE, Andrea Almeida. Distribuição Temporal de Descargas e Alterações Morfológicas em Rios Semiáridos: o rio jaguaribe no Ceará, brasil. Geography Department University Of Sao Paulo, [S.L.], v. 35, p. 28-36, 24 jul. 2018. Universidade de Sao Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/rdg.v35i0.133598>.

COELHO, V. H. R. et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 1, p. 64–72, jan. 2014.

COELHO, V. H. R. ESTIMATIVA DA RECARGA SUBTERRÂNEA EM BACIA HIDROGRÁFICA DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO A PARTIR DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. 2016.

CORRÊA, A. C. B. et al. Estilos fluviais de uma bacia de drenagem no submédio São Francisco. Revista de Geografia - Recife, v. 26 n 1, p. 181-215, 2009

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgar Blüncher, 1999.

CUNHA, S. B.; FREITAS, M. W. S. Geossistemas e gestão ambiental na bacia hidrográfica do rio São João-RJ. GEOGRAPHIA, v. 6, n. 12, p. 87 - 110, 2004.

DANTAS, Jaqueline de Souza. Análise do uso e ocupação do solo no médio curso da bacia do rio Apodi Mossoró – RN. Orientador: Profa. Dra. Juliana Felipe Farias. 2022. 76 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Semiárido. Embrapa Semiárido dimensiona degradação nos solos da Paraíba. Brasília, DF, 1 abr. 1997.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia. v. 1, n. 1, p. 15-22, 2005.

FILHO, B. S. S. Interpretação de Imagens da Terra, 2000.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SANTOS, Djail; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. Potencial pedoclimático do estado da Paraíba para as principais culturas agrícolas: 1ª aproximação. 1. ed. Campinas Grand, PB: EDUFGC, 2017a

FRYIRS, K. River sensitivity: a lost foundation concept in fluvial geomorphology. Earth Surface Process and Landforms, Copyright © 2016 John Wiley & Sons, Ltd. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/esp.3940, 2016.

GRAF, W. L. Fluvial Process in Dryland Rivers. Caldwell: The Blackburn Press, 1988

GONÇALVES, Monica Amorim. Ecohidrologia e gestão integrada de recursos hídricos em uma bacia lacustre costeira (lago nova, Linhares, ES). 2015. 180 f. Tese (Doutorado) - Curso de Oceanografia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

GOVERNO ESTADUAL DA PARAÍBA (Paraíba). Governo da Paraíba. **PB Rural Sustentável: Governo lança edital para construção de 115 passagens molhadas na Zona Rural paraibana.** Paraíba, 17 fev. 2023. Disponível em: <https://cooperar.pb.gov.br/noticias/pb-rural-sustentavel-governo-lanca-edital-para-construcao-de-115-passagens-molhadas-na-zona-rural-paraibana-1>. Acesso em: 13 set. 2023.

GOVERNO ESTADUAL DA PARAÍBA (Paraíba). Governo da Paraíba. **PB Rural Sustentável: Governo publica edital para instalação de 118 passagens molhadas na Zona Rural paraibana.** Paraíba, 9 nov. 2022. Disponível em: <https://cooperar.pb.gov.br/noticias/pb-rural-sustentavel-governo-publica-edital-para-instalacao-de-118-passagens-molhadas-na-zona-rural-paraibana>. Acesso em: 13 set. 2023.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Parênteses: São José dos Campos, SP, 2009.

LADEIA, C. A. USO DE SENSORES ATIVOS E PASSIVOS NA ESTIMATIVA DE TEORES DE NITROGÊNIO E DO DESENVOLVIMENTO FITOTÉCNICO E PRODUTIVO DO CAFEEIRO. 2020.

LIMA, M. G. C.; GIRÃO, O. Considerações Teóricas sobre a Dinâmica Superficial em Ambientes Tropicais Áridos e Semiáridos: Aplicação ao Semiárido do Nordeste brasileiro. Espaço Aberto, v. 10, n. 2, p. 9–26, 22 out. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (BRASIL). DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. Definir as diretrizes básicas para elaboração do Plano de Gestão Anual (PGA) do exercício 2020 do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF). Publicado em: 31/07/2019 | Edição: 146 | Seção: 1 | Página: 8. **PORTARIA Nº 1804, DE 25 DE JULHO DE 2019**, 31 jul. 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1804-de-25-de-julho-de-2019-*-207940171. Acesso em: 19 out. 2023.

MORGAN, Bryn E. *et al.* Lateral and longitudinal distribution of riparian vegetation along an ephemeral river in Namibia using remote sensing techniques. Journal Of Arid Enviroments, [S.L.], v. 181, p. 104220, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104220>.

MOTOHKA, T. et al. Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. **Remote Sensing**, v. 2, n. 10, p. 2369–2387, 15 out. 2010.

NÓBREGA, Raul Araujo; NETO, João Miguel de Moraes; BARBOSA, Marx Prestes; LIMA, Josilene Pereira; OLIVEIRA, Luan Dantas de. CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA CAATINGA ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SATÉLITE. **Caderno de Geografia**, [2023.], v. v.33, ed. n.74, p. 1064 - 1078, 3 jul. 2023.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. Introdução: 1.1 O que é Sensoriamento Remoto. *In*: NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações**. 4ª. ed. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 1, p. 25 - 33. ISBN 978-85-212-0540-1.

OLIVEIRA, A. M. D.; GUEDES, J. C. F.; COSTA, D. F. D. S. Usos e ocupações da terra na planície de inundação do baixo curso do rio Piancó-Piranhas-Açu (RN). Em: **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. [s.l.] INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017. p. 3917–3927.

OLIVEIRA, H.C. Impactos hidrofísicos na bacia hidrográfica do alto curso do rio paraíba frente a sua perenização. Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza. 2018. 103 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

PEIXOTO, J. M. A. MONITORAMENTO DA DINÂMICA DA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ, POR MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007.

QUEIROZ, Pedro et al. (2018). Formação e evolução morfológica de barras e ilhas em rios semiáridos: o contexto do baixo curso do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, nº 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 363-388, dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.016.

QUEIROZ, R.T. *Sesbania* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB83726>>. Acesso em: 24 mar. 2022

RAMOS, Nilza Patrícia; JUNIOR, Ariovaldo Luchiari. **Monitoramento ambiental**. [S. l.]: EMBRAPA, 21 fev. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/meio-ambiente/monitoramento-ambiental>. Acesso em: 1 ago. 2023.

RIGHETTO, A.; MOREIRA, L.; MEDEIROS, V. Análise do Efeito da Variabilidade Espacial da Precipitação na Modelagem do Escoamento numa Bacia Experimental no Semiárido Nordeste. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 3, p. 129–139, 2007.

RODRIGUES, J. M.; SOUZA, J. O. P. D. Estilos fluviais do alto curso do rio Piranhas, ambiente semiárido (PB). *Revista de Geografia*, v. 38, n. 1, p. 347, 27 abr. 2021.

SANTOS, H. G. DOS. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ª edição revista e ampliada ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SENA, J. P. O. Análise da precipitação pluviométrica em anos extremos no cariri paraibano e suas consequências na agricultura e cobertura vegetal. Orientador: Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto. 2017. 97 p. Dissertação (Mestre) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Campina Grande, 2017.

SERTÃO da PB só terá água da transposição em 2021. PARAÍBA: PORTAL CORREIO, 31 jul. 2019. Disponível em: <https://portalcorreio.com.br/sertao-da-pb-so-tera-agua-da-transposicao-pelo-eixo-norte-em-2021/>. Acesso em: 18 out. 2023.

SILVA, A. F.; DA SILVA, M. C. B. C. Agricultura no nordeste semiárido e os resíduos orgânicos aproveitáveis. *Revista equador*, v. 5, n. 2, p. 102–119, 30 maio 2016.

DA SILVA, W. F. et al. a proposta de estilos fluviais na análise da Morfodinâmica em rio semiárido: rio Ipanema, Pernambuco. OKARA: Geografia em debate, p. 252–272, 20 fev. 2019.

SILVA, RAYLANE RODRIGUES. **AVALIAÇÃO DE ÍNDICES FÍSICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA-PE**. Orientador: Prof. Dr. João Rodrigues Tavares. 2020. 89 p. Dissertação (Mestre) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife - PE, 2020.

SILVA, A. F. P.L.; SOUZA, J. O. P. Análise da qualidade da água nos aquíferos aluviais da bacia Riacho do Tigre - PB: Uma abordagem hidrológica em ambientes fluviais semiáridos no Brasil. **Revista de geografia Norte Grande**, n. 84, p. 323–336, 2023.

SOUZA, B. I. Cariri Paraibano: do silêncio do lugar à desertificação. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós - Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, 2008

SOUZA, B. I (2012). Uso da vegetação e solos em áreas susceptíveis à desertificação na Paraíba/Brasil. **GEOgraphia** 13 (25), 77 – 105.

SOUZA, J.; CORREA, A. C. SISTEMA FLUVIAL E PLANEJAMENTO LOCAL NO SEMIÁRIDO. **Mercator**, v. 11, n. 24, p. 149–168, 19 abr. 2012.

SOUZA, J. O. P. D.; CORREA, A. C. B. Conectividade e área de captação efetiva de um sistema fluvial semiárido: bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 319–332, ago. 2012.

SOUZA, J.O. P; ALMEIDA. J.D.M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. *Revista OKARA: Geografia em debate* v.9, n.1, p. 108-122, 2015.

SOUZA J. O. P. & CORRÊA A. C. B. - *Rev. Bras. Geomorfol. (Online)*, São Paulo, v.21, n.1, (Jan-Mar) p.63-77, 2020

STEVANUX, José Cândido; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. Geomorfologia fluvial: Planície de Inundação. *In: STEVANUX, José Cândido; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. Geomorfologia fluvial. 1. ed. [S. l.]: Oficina de Textos, 2017. cap. 7, p. 197 - 225. ISBN 978-85-7975-275-9.*

SOUZA, J. O. P. D.; CORRÊA, A. C. D. B. ESCOAMENTO SUPERFICIAL E BALANÇO HÍDRICO EM AMBIENTES SECOS COM TOPOGRAFIA COMPLEXA – BACIA DO RIACHO DO SACO – PERNAMBUCO. **GEOgraphia**, v. 21, n. 46, p. 106, 30 set. 2019.

SOUZA, Jonas Otaviano Praça; SANTOS, Alisson; OLIVEIRA, Helder Cavalcante. CAPACIDADE DE AJUSTE ÀS MUDANÇAS NO REGIME HIDROLÓGICO DE UM RIO INTERMITENTE: ESTILOS FLUVIAIS NO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA. **Revista caminhos de geografia**, Uberlândia, ano 2023, v. 25, n.95.

VERÇOSA, João Pedro dos Santos; TAVARES, Arthur Costa Falcão; ALBUQUERQUE, João Carlos Valério Vieira; SCHEIBEL, Christopher Horvath; MORAIS, Marcos Antônio Ferreira. Utilização do Geoprocessamento para a detecção de mudanças na cobertura e uso da terra do município de Messias, Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Alagoas, v. V.4, 2019.