



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ – REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

OLÁVIO ROCHA NETO

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DA MICRORREGIÃO DE IRECÊ-BA**

CAMPINA GRANDE - PB

2021

OLÁVIO ROCHA NETO

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DA MICRORREGIÃO DE IRECÊ-BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Fideles Filho

Linha de Pesquisa: Qualidade de Sistemas Ambientais.

Campina Grande - PB

2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R672a Rocha Neto, Olávio.
Análise temporal do uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica da microrregião de Irecê-BA [manuscrito] / Olavio Rocha Neto. - 2021.
84 p.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2021.
"Orientação : Prof. Dr. José Fideles Filho, Departamento de Física - CCT."
1. Morfometria. 2. Degradação ambiental. 3. Sensoriamento remoto. 4. Impactos ambientais. I. Título
21. ed. CDD 363.7

OLÁVIO ROCHA NETO

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DA MICRORREGIÃO DE IRECÊ-BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Linha de Pesquisa: Qualidade de Sistemas Ambientais.

Aprovado em 25/02/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Fideles Filho (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Dr. Tiago Silva Araújo
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Dr. Lourivaldo Mota Lima
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Dr. Patrick Tomaz de Aquino Martins
Universidade Estadual da Paraíba

Dedico esse trabalho a todos os moradores da Região de Irecê-BA. Em especial a minha família que sempre me incentivou e inspirou.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha Mãe Laudina Jovelina da Rocha, ao Meu Pai Naidson Rocha, aos meus irmãos Nady Rocha, Junior Rocha, Francisco Rocha, Sallett Rocha, Nadilson Rocha e Isabela Rocha pela oportunidade, incentivo e empenho para conclusão da minha graduação, especialização e dedicação ao mestrado.

Sou muito grato a prefeitura de São Gabriel por apoiar os estudantes disponibilizando casas de estudante como a de Campina Grande (PB) em que residi durante o curso, contribuindo para acessos dos alunos a mais universidades e redução dos custos dos nossos pais, além de contribuir aos menos favorecidos financeiramente.

Agradeço aos meus amigos da casa de estudante Ruan Tcharles, Uilian Rocha e Larissa Miranda por estarem presente em todas as etapas do mestrado, ajudarem nas dificuldades diárias, distrair nos momentos tristes e sorrir nos felizes!

Agradeço a todos os alunos de mestrado e doutorado que tive o prazer de conhecer e estudar, entre eles especialmente a Priscilla Gomes, Jessica Martildes, Andreia Freitas, Gabriely Dias, Adriano Oliveira e Bruna Aline.

Agradeço a velhos amigos que estavam presentes nessa jornada entre eles Eder Pereira, Joaquim Rocha, Yaroslávia Paiva e Plínio Tércio.

Agradeço aos meus professores em especial meu Orientador José Fideles que me deu a oportunidade de trabalhar com um tema excelente, a professora Mônica Maria que é incrível, ao professor Willian Paiva, Wilton e aos demais que realizam um ótimo trabalho.

Agradeço algumas amigadas que fiz em Campina, entre elas a de Larissa Santos.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel é uma sub-bacia do Rio Verde que, por sua vez, deságua no Rio São Francisco. Na década de 1960 foi uma das principais áreas influenciadas pela Política de Crédito rural em que boa parte do Bioma Caatinga foi substituído por cultivos de milho, mamona e principalmente feijão, o que levou a região a ganhar o título de Capital Mundial do Feijão. Devido ao sistema de plantio não conservacionista e às atividades antrópicas, a bacia entrou em processo de degradação ambiental, apresentando supressão das matas ciliares, assoreamento dos Corpos d'água, perda da produtividade, processos de erosões acelerada, rebaixamento do lençol freático e desertificação. Nesse contexto, é fundamental o estudo do uso ocupação do solo da bacia para o desenvolvimento de políticas públicas visando a recuperação ambiental e a gestão sustentável dos recursos hídricos. Assim, este trabalho objetivou realizar uma análise temporal do uso e cobertura do solo entre os anos de 1987 e 2018, através de técnicas de sensoriamento remoto. Foram utilizadas oito imagens dos satélites *Landsat* e resultados da missão SRTM para delimitação da área de estudo, caracterização morfométrica, a análise da precipitação pluviométrica, classificação supervisionada e do NDVI. Foi identificada que a bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel, está distribuída espacialmente sobre 11 municípios, apresenta rios de ordem 7, baixa suscetibilidade a enchentes, relevo predominante suave e suave-ondulado, com altitude mínima de 759m e máxima de 1179m. A precipitação média na Bacia é de 606mm, principalmente entre os meses de outubro a maio. Em 1987, depois do auge da política do feijão a Bacia possuía 38% da sua área com vegetação e 62% destinada a agropecuária. Em 2018 a vegetação caatinga diminui para 34% e a área destinada a agropecuária aumentou para 66%. Nesse intervalo de tempo, foram registradas grandes áreas com solo exposto, chegando a 33% da Bacia em 2018, intensificando ainda mais a degradação ambiental. Mesmo passados 50 anos do auge da política do feijão o sistema de plantio ainda é o não conservacionista intensificando vários impactos ambientais, necessitando-se assim de políticas ambientais voltadas para conservação do meio ambiente.

Palavras chave: Riacho Baixão de São Gabriel. Morfometria. Degradação Ambiental. NDVI. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The Baixão de São Gabriel River Basin is a sub-basin of the Rio Verde that, in turn, flows into the São Francisco River. In the 1960s it was one of the main areas influenced by the Rural Credit Policy in which a good part of the Caatinga Biome was replaced by crops of corn, castor beans and mainly beans, which led the region to win the title of World Capital of Beans. Due to the non-conservationist planting system and human activities, the basin entered a process of environmental degradation, with suppression of riparian forests, silting of the bodies of water, loss of productivity, accelerated erosion processes, lowering of the water table and desertification. In this context, it is essential to study the use of land in the basin for the development of public policies aimed at environmental recovery and sustainable management of water resources. Thus, this study aimed to perform a temporal analysis of land use and cover between 1987 and 2018, using remote sensing techniques. Eight images from the Landsat satellites and results from the SRTM mission were used to delimit the study area, morphometric characterization, rainfall analysis, supervised classification and NDVI. It was identified that the Watershed of Riacho Baixão de São Gabriel, is spatially distributed over 11 municipalities, presents rivers of order 7, low susceptibility to flooding, predominantly smooth and smooth-undulating relief, with a minimum altitude of 759m and a maximum altitude of 1179m. The average rainfall in the Basin is 606mm, mainly between October and May. In 1987, after the peak of the bean policy, the Basin had 38% of its area with vegetation and 62% destined to agriculture and livestock. In 2018, the caatinga vegetation decreased to 34% and the area destined to agriculture increased to 66%. In that time, large areas with exposed soil were registered, reaching 33% of the Basin in 2018, further intensifying environmental degradation. Even after 50 years of the peak of the bean policy, the planting system is still non-conservationist, intensifying several environmental impacts, thus requiring environmental policies aimed at the conservation of the environment.

Keywords: Baixão de São Gabriel Stream. Morphometry. Ambiental Degradation. NDVI. Remote Sensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração Bacia Hidrográfica.....	17
Figura 2 - Ciclo da água ou hidrológico.....	18
Figura 3 - Direção de propagação da radiação eletromagnética na forma de uma onda, em função das oscilações ortogonais do campo magnético (M) e elétrico (E).	22
Figura 4 - Localização da área de estudo.	26
Figura 5 - Representação do relevo em intervalo contínuo (A), (B) representação do relevo em intervalo discretizado.	30
Figura 6 - Delimitação da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.	35
Figura 7 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.	38
Figura 8 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.	39
Figura 9 - Mapa de Drenagem do Riacho Baixão de São Gabriel.	40
Figura 10 - Similaridades espectrais.	48
Figura 11 - Uso e Ocupação do Solo na bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em 1987.	50
Figura 12 - Representa o Plantio de milho do lado esquerdo e o plantio de Feijão do lado direito, ambos sem práticas de conservação do solo (1962).	53
Figura 13 - NDVI abril de 1987.....	54
Figura 14 - Solo limpo e arado para o plantio no Município de São Gabriel.	55
Figura 15 - Uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em 1997.	56
Figura 16 - NDVI fevereiro de 1997.....	58
Figura 17 - NDVI em maio de 2007.....	60
Figura 18 - Uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica de São Gabriel em 2018.	61
Figura 19 - NDVI fevereiro de 2018.....	64
Figura 20 - Queimada para supressão vegetal na zona rural do município de Central.	67
Figura 21- Solo arado na zona rural do município de São Gabriel para o início da plantação em janeiro de 2020.....	68

Figura 22 - Desenvolvimento da monocultura da mamona na zona rural do município de São Gabriel no mês de junho de 2020.	68
Figura 23- Agricultura de Sequeiro do milho no município de São Gabriel.	69
Figura 24 - Cultivo da cebola irrigada no município de João Dourado.....	69
Figura 25 - Cultivo da Pinha no município de Presidente Dutra	69
Figura 26 - Irrigação do cultivo da cenoura com o sistema de Pivô central no município de Lapão.....	70
Figura 27 - Monocultura do Sorgo no município de João Dourado.....	70
Figura 28 - Irrigação de Hortaliças de forma orgânica no município de São Gabriel.	71
Figura 29 - Solo arado e o desenvolvimento do cultivo de Bananeiras no município do Uibaí.	71
Figura 30 - Desenvolvimento da apicultura no município de Irecê.	72
Figura 31 - Leito Riacho do Jaú no povoado de Hidrolândia do município de Uibaí.	72
Figura 32 - Leito Riacho do Jaú no povoado de Hidrolândia no município de Uibaí.	73
Figura 33 - Leito Riacho Baixão no município de São Gabriel.....	73
Figura 34 - Leito do Riacho de Baixão de São Gabriel no Município de São Gabriel.	73
Figura 35 - Cheia no Riacho Baixão de São Gabriel no Município de São Gabriel... ..	74
Figura 36 - Cheia no Riacho Baixão de São Gabriel no Município de São Gabriel... ..	74
Figura 37 - Nascente em meio a vegetação nas serras do município do Uibaí.	75
Figura 38 - Nuvens de Poeira no centro do município de São Gabriel devido a erosão eólica.....	75
Figura 39 - Erosão Eólica na Bacia Hidrográfica de São Gabriel.....	75
Figura 40 - Lixão em funcionamento na Bacia Hidrográfica do Município de São Gabriel.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cidades da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.....	27
Tabela 2 - Classificação da declividade.	30
Tabela 3 - Parâmetros Morfométricos.	31
Tabela 4 - Área dos municípios na Bacia.	36
Tabela 5 - Parâmetros Morfométricos	36
Tabela 6 - Classes do uso e ocupação do solo e sua descrição.	47
Tabela 7 - Classificação do NDVI.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação na Região de Irecê.	42
Gráfico 2 - Precipitação mensal acumulada entre os meses de outubro de 1986 e maio de 1987.	43
Gráfico 3 - Precipitação mensal acumulada entre os meses de outubro de 1996 e maio de 1997.	44
Gráfico 4 - Precipitação total mensal entre os meses de outubro de 2006 e maio de 2007.	45
Gráfico 5 - Precipitação total mensal entre os anos de 2017 e 2018.	46
Gráfico 6 – Porcentagem do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em abril de 1987.	51
Gráfico 7- Porcentagem NDVI ano de 1987 na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.	54
Gráfico 8 - Classificação do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.	57
Gráfico 9 - Porcentagem NDVI ano de 1997 para Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.	58
Gráfico 10 - Uso e ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em 2018.	62
Gráfico 11 - Comparação do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel entre os anos de 1987, 1997 e 2018.	63
Gráfico 12 - Porcentagem NDVI ano de 2018 na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DENOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de meteorologia

ISO - Organização Internacional de Normalização

MDE - Modelo Digital de Elevação

NASA - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço

NDVI - Índice de Vegetação Normalizada

NIMA - Agência Nacional de Imagens e Mapeamento

SCP - Semi-Automatic Classification Plugin

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Bacia Hidrográfica	17
3.2 Caracterização morfométrica	19
3.3 Impacto ambiental, uso e ocupação do solo em uma bacia.	19
3.4 Sensoriamento Remoto	21
4 METODOLOGIA	26
4.1 Localização da área de estudo	26
4.2 Aquisição de dados	27
4.3 Softwares utilizados	27
4.4 Pré-processamento e delimitação do espaço	28
4.5 Caracterização Morfométrica.	29
4.6 Análise da sequência histórica pluviométrica	32
4.7 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada	33
4.8 Classificação supervisionada	34
4.9 Mapas temáticos	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Área Delimitada	35
5.2 Caracterização Hipsométrica	37
5.2.1 Hipsometria	37
5.2.2 Declividade	38
5.2.3 Hidrografia	39
5.3 Precipitação Pluviométrica	41
5.3.1 Uso e ocupação do solo	47

5.3.2 Classificação das Imagens.....	47
5.3.3 Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica.....	50
5.3.4 Visita em Campo da Bacia Hidrográfica.....	67
6 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as queimadas motivadas pelas ações antrópicas e naturais foram o palco dos principais Jornais mundiais. Estes eventos foram debatidos em conferências nacionais e internacionais. As redes sociais se transformaram em espaços em que a população se mobilizou em prol do meio ambiente, contra as queimadas ilegais, a exploração de recursos naturais e a vida dos animais. Em todo esse contexto, a população foi informada pela mídia sobre os impactos ambientais, porém, em vários lugares no mundo a vegetação vem sofrendo danos similares ou maiores e, devido à falta de apoio da mídia para divulgação e informações, esses ambientes carecem do apoio da população e dos governos, sendo a bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel um exemplo desses.

A bacia do Riacho Baixão de São Gabriel encontra-se na região de Irecê no estado da Bahia. De acordo com Nepomuceno (2014), essa região foi palco da produção de feijão, milho e mamona, sendo incentivada por créditos liberados pelo governo entre as décadas de 1950 e 1990. A região logo se destacou como a capital mundial do feijão devido as grandes colheitas. Como a primeira conferência sobre o meio ambiente só aconteceu em 1972, em Estocolmo, não existia nessa região preocupações com o meio ambiente, assim a produção agrícola cresceu às custas dos recursos naturais.

Junior (2004) já relatava os impactos ambientais negativos da região, como a diminuição da produção agrícola, a supressão vegetal de extensas áreas, percas de matas ciliares, assoreamento dos riachos, entre outros. Em 2009 Abreu (2010) diagnosticava os mesmos problemas em um trecho do Riacho no município de São Gabriel destacando em sua pesquisa o aumento do desmatamento das margens do rio para agricultura e agropecuária, queimadas para fins agrícolas, compactação do solo devido ao superpastoreio, processos de erosão acelerada, além de toda a modificação histórica relatada pela população da cidade, em que esses relatavam sobre um rio cujas águas eram utilizadas para banhos, dessedentação de animais, consumo próprio, pesca, lavagem de roupas entre outros, o que não condiz mais com a realidade uma vez que, o riacho está degradado.

Devido a essa situação, a região necessita de um estudo quanto a modificação da cobertura do uso do solo para entender a dinâmica da modificação da vegetação ao longo dos anos e sua atual realidade para ser a ferramenta de planejamento, da

recuperação e gestão da Bacia. Justificativa que se torna mais relevante devido a Bacia do Riacho São Gabriel contribuir na vazão do Rio São Francisco, que corta e abastece o nordeste brasileiro e passa por problemas relacionados à sua gestão.

Devido as grandes áreas ocupadas pelas bacias hidrográficas para esse tipo de estudo é fundamental o uso de técnicas de sensoriamento remoto. Na vertente da geotecnologia de acordo com Florenzano (2007) o sensoriamento remoto consiste na tecnologia que capta imagens e informações da superfície terrestre sem contato físico através de um sensor que realiza a captação de energia emitida ou refletida. Essas informações são decodificadas e analisadas com auxílio do geoprocessamento. Assim o sensoriamento remoto é fundamental para obtenção de bons resultados em grandes áreas.

Portanto esse estudo objetivou analisar as modificações ocorridas na vegetação da bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel nos últimos 32 anos através de técnicas de Sensoriamento Remoto.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar as alterações ocorridas na vegetação da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel nos últimos 32 anos através do Sensoriamento Remoto.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a caracterização morfométrica da área em estudo, elaborando mapas hipsométricos, de declividade e de drenagem.
- Quantificar a perda da cobertura vegetal entre os anos de 1987, 1997, 2007 e 2018, correlacionando-a com expansão agrícola, pecuária e urbana.
- Analisar e organizar a sequência temporal de dados pluviométricos da região.
- Elaborar mapas temáticos com dados qualitativos e quantitativos do uso do solo com ênfase na área de solos exposto.
- Identificar a perda de vegetação por áreas municipais da Bacia.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Bacia Hidrográfica

Existem várias definições de bacia hidrográfica na literatura, basicamente uma completa a outra com alguma informação a mais, porém todas trazem em si a mesma essência, assim de forma sucinta a bacia hidrográfica é a área natural que recebe a água da chuva e a converge para um mesmo local.

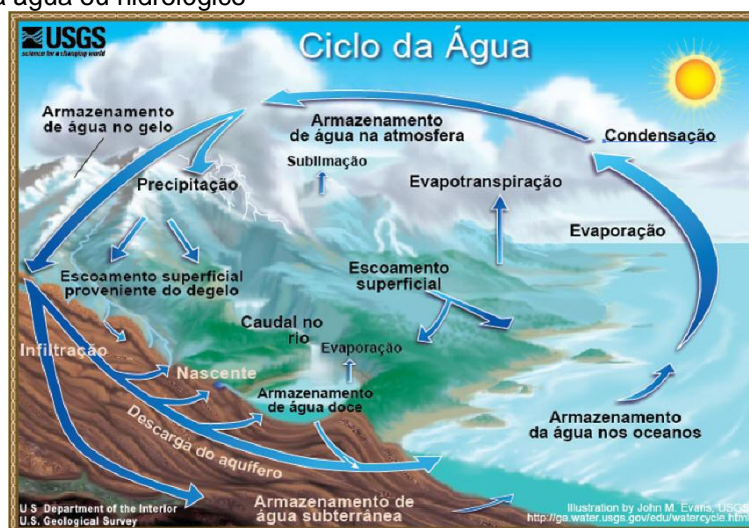
De acordo com Tucci (2015), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água precipitada, através da chuva, que converge em forma de escoamento superficial para um único ponto chamado exutório. A lei nº 9433 (1997), que institui a política Nacional dos Recursos Hídricos, intitula a bacia hidrográfica como sendo a unidade de gestão territorial Brasileira. Como visto na Figura 1, a bacia é limitada naturalmente pelo relevo, sendo as partes mais altas os divisores topográficos, os quais afetam o percurso do escoamento da água no ciclo hidrológico ilustrado na Figura 2, pois a água tende a escoar das áreas mais altas para as mais baixas.

Figura 1 – Ilustração Bacia Hidrográfica



Fonte: Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, (2019).

Figura 2 - Ciclo da água ou hidrológico



Fonte: Serviço Geológico dos Estados Unidos. O Ciclo da Água, 2019.

Para Silva (2006), o ciclo hidrológico (Figura 2) é uma sequência fechada de fenômenos naturais que pode ser dividida em duas partes: o ramo aéreo, normalmente o estudo no âmbito da meteorologia e o ramo terrestre, objeto da hidrologia.

Esse ciclo pode ser analisado a partir da evaporação, processo em que a água passa do estado líquido para vapor, com destaque para a evaporação dos oceanos, a qual é a maior fonte de água para a atmosfera, e à evaporação de corpos d'água e transpiração das plantas, que também contribuem significativamente para a formação do vapor de água, este que se transforma em nuvens que são condensadas formando a precipitação (TUCCI, 2015; COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

A precipitação, um dos principais componentes do ciclo hidrológico, ao cair do céu na forma líquida ou sólida é interceptada pela vegetação, que diminui a velocidade de impacto da água, possibilitando sua infiltração no solo, abastecendo os aquíferos e favorecendo o fluxo de água subterrânea (ALMEIDA, 2016). Outra parte da água precipitada transforma-se em escoamento superficial, tendo uma porção retornada a atmosfera por evaporação ou evapotranspiração (TUCCI, 2015; COLLISCHONN; DORNELLES, 2014).

O ciclo hidrológico está ligado diretamente às características morfométricas de uma bacia hidrográfica, uma vez que, segundo Florenzano (2008), a morfometria denota os aspectos quantitativos do relevo, como as variáveis relacionadas a medida de altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura absoluta e relativa, inclinação (declividade), curvatura, orientação, densidade e frequências de suas

formas. Estas características influenciam diretamente na infiltração, na quantidade de água produzida com o deflúvio, na evapotranspiração e no escoamento superficial e subsuperficial em uma bacia.

3.2 Caracterização morfométrica

As características morfométricas de uma bacia hidrográfica estão associadas ao relevo e incluem a área de drenagem, o comprimento do curso d'água principal, a declividade, o comprimento da bacia, a amplitude altimétrica, a hipsometria e fatores de formas (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015; FERREIRA et al., 2012; TUCCI, 2015).

Segundo Florenzano (2008), as características morfométricas são fundamentais em estudos geológicos, pedológicos, agrônômicos, geotécnicos e integrado do meio ambiente. A morfometria é essencial em trabalhos que visam o diagnóstico da susceptibilidade à degradação ambiental, planejamento e manejo de microbacias hidrográficas (MOREIRA; RODRIGUES, 2010), pois alguns parâmetros morfométricos estão ligados a processos de degradação do solo, sendo considerados como indicadores desses processos, a exemplo da erosão, e, por isso, são utilizados na avaliação de suscetibilidade dessas áreas a tais processos. (AMERI; POURGHASEMI; CERDA, 2018).

Para Torres e Machado (2008), a remoção da vegetação e impermeabilização do solo diminuem a infiltração da água no subsolo e aumenta o escoamento superficial trazendo impactos ambientais negativos no âmbito da economia, do meio social e ambiental da região. Assim, as atividades antrópicas, em conjunto com algumas características morfométricas da bacia hidrográfica, podem causar impactos ambientais.

3.3 Impacto ambiental, uso e ocupação do solo em uma bacia.

A legislação Brasileira, por meio da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de número 001, do ano de 1986, define impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem: a saúde, segurança, e o bem-estar da

população; atividades sociais e econômicas; condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; qualidade dos recursos ambientais.

Outro conceito muito adotado por empresas sobre o impacto ambiental é o da norma ISO 14.001 (ABNT, 2004), definida como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades produtos ou serviços de uma organização.

O conceito da ISO é mais aceito pelo meio acadêmico, por tratar o impacto não só como negativo, mas positivo. Sánchez (2008) critica a definição da legislação brasileira, e corrobora com a da ISO, pois, para ele, a definição de impacto ambiental compreende a todos os resultados da ação humana que resultam na modificação de processos naturais ou sociais, podendo ser positivo ou negativo.

Nos últimos 200 anos, o crescimento populacional e a ocupação do solo sem planejamento vêm trazendo vários impactos ambientais negativos, tais como mudança climática, alterações em sistemas aquáticos, terrestres e biológicos (CUNHA; GUERRA, 1999), ou seja, vêm causando alterações adversas das qualidades ambientais, em outras palavras a degradação ambiental (SÁNCHEZ, 2008).

Em uma bacia hidrográfica a degradação do solo está associada com a degradação da água e ambos estão associados à vegetação local, uma vez que o desmatamento aumenta a incidência dos ventos no nível do solo reduzindo a umidade superficial, dificultando a infiltração da água pluvial no solo e colaborando para formação da erosão (CUNHA; GUERRA, 1999). Por isso, a cobertura vegetal do solo indica o grau de proteção deste devido a prevenção dos processos de erosão. (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2010)

A degradação mais conhecida é a erosão do solo (ARAUJO, ALMEIDA, GUERRA; 2015), processo natural que pode ser intensificado pelo agente antrópico, em que o solo é arrastado pela água ou ar (BRAGA et al., 2005). Nesse processo, os nutrientes das camadas superiores são incorporados ao solo erodido: o nitrogênio, devido sua alta solubilidade, e o fósforo devido a sua alta adsorção, enquanto as partículas mais finas do solo são arrastadas pela erosão levando a perda da fertilidade do solo (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2010).

Os solos também podem ser degradados por práticas de mecanização agrícola, levando a compactação e selagem dos mesmos, cultivo sem reposição de nutrientes, resultando na pobreza de nutrientes no ambiente, alta exposição de químicos

agrícolas e promovendo a morte de microrganismos fundamentais para manutenção do solo (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2015).

Quando a degradação ocorre em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas passa a ser denominada desertificação, uma vez que, segundo Brasil (2015), o termo desertificação designa a degradação da terra, nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores e vetores, incluindo a variações climáticas e as atividades humanas, definição estabelecida pela Conferência das Nações Unidas para combate à desertificação (UNCCD) em 1997.

A degradação do solo abrange grandes áreas que podem aumentar ou não ao longo dos anos. Por isso, o sensoriamento remoto se torna fundamental para o acompanhamento e estudo desses impactos ambientais, uma vez que sua visão sinóptica e temporal de extensivas áreas otimizam os estudos (FLORENZANO, 2007).

3.4 Sensoriamento Remoto

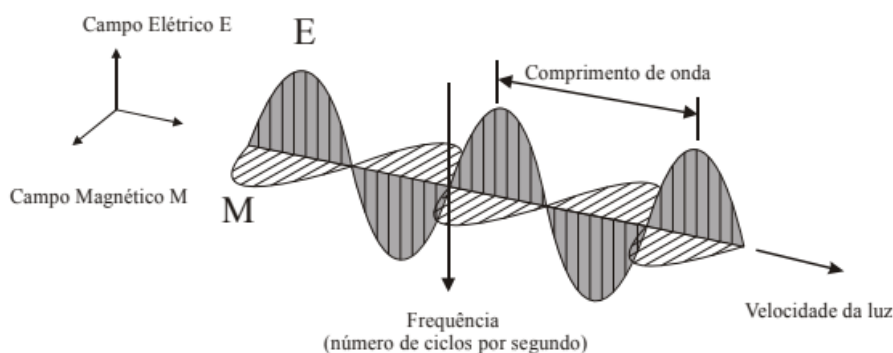
O termo sensoriamento refere-se à obtenção dos dados, e remoto, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre (FLORENZANO, 2007). Nesse contexto, existem vários tipos de sensores, como uma máquina fotográfica e o olho, porém, no contexto das geotecnologias, Novo (2008), define sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de tecnologias, como os sensores que captam radiações e computadores que armazenam e decodificam os dados, acoplados em aeronaves e similares, com objetivo de analisar fenômenos e eventos terrestres através da captação de radiação eletromagnética.

A definição da radiação eletromagnética, como qualquer outra ciência, foi construída ao longo do tempo, com contribuições de diversos pesquisadores, como Albert Einstein, Niels Bohr, James Clerk Maxwell, Heinrich Hertz e Max Plank (HALLIDAY; RESNICKY, 2009; YOUNG; FREEDMAN, 2009). De acordo com Meneses e Almeida (2012), para entender a radiação eletromagnética tem-se que compreender a dualidade dela, no caso onda e energia, a primeira averiguada inicialmente por Maxwell e a segunda com várias, contribuições principalmente de Plank.

Quando analisado como onda, a energia eletromagnética consiste de um campo elétrico que varia em magnitude na direção perpendicular à direção de

propagação da radiação e de um campo magnético perpendicular ao anterior (FEITOZA et al., 2008). De acordo com Brown (2005), ela tem como características o comprimento de onda e frequência. O comprimento de onda consiste na distância entre dois vales ou duas cristas sucessivas, enquanto que a frequência é o número de comprimento de ondas que passa por determinado ponto a cada segundo, ambos representados na Figura 3.

Figura 3 - Direção de propagação da radiação eletromagnética na forma de uma onda, em função das oscilações ortogonais do campo magnético (M) e elétrico (E).



Fonte: Meneses e Almeida (2012) adaptado

Como exemplo da radiação eletromagnética, Halliday; Resnick (2009) destacam sinais de rádio, televisão, telefone celular, radiação infravermelha, raio x entre outras, sempre com velocidade de propagação igual à da luz no vácuo.

A radiação eletromagnética pode ser encontrada em infinitas faixas de comprimentos de onda ou frequência. O conjunto de ondas eletromagnéticas conhecidos que vão dos raios gamas até as ondas de rádio são denominados espectro eletromagnético (NOVO, 2008). Nele se encontram os raios x e micro-ondas, canais de televisão e rádio Modulação de Amplitude (AM) e, entre os limites de comprimentos de onda de 430 e 690 nm, a região visível ao olho humano (HALLIDAY; RESNICK, 2009).

No contexto do sensoriamento remoto outra faixa fundamental é a do infravermelho, que pode ser dividida, didaticamente, em infravermelho próximo, com comprimento de onda no intervalo de 700 nm a 1300 nm, infravermelho médio, entre 1300 nm a 3000 nm, e infravermelho termal ou distante, 3 m a 1 mm (FEITOSA et al., 2008).

De acordo com Meneses e Almeida (2012), a formulação de Maxwell sobre o comportamento da radiação eletromagnética como ondas, falha em explicar certos

fenômenos importantes quando a radiação eletromagnética interage com a matéria. Brown (2005) destaca a emissão de luz por objetos quentes, a emissão de elétrons a partir de uma superfície metálica onde a luz incide e a emissão de luz a partir de átomos excitados eletronicamente. A teoria da matéria surgiu, então, para complementar a explicação sobre a natureza da radiação eletromagnética, a partir da formulação de Max Planck, em que a mesma transfere de um corpo para o outro em quantidades fixas. Dessa forma, a radiação eletromagnética é quantizada, ou seja, ela é emitida e absorvida em pacotes semelhantes a partículas com energias definidas, chamadas de fótons de *quantum*, sendo a energia de um fóton proporcional a frequência de radiação (YOUNG; FREEDMAN, 2009).

O conceito de dualidade das ondas eletromagnéticas é essencial para o sensoriamento remoto, uma vez que o modelo ondulatório se relaciona com as propriedades de texturas dos objetos enquanto que o outro relaciona-se com as propriedades composicionais (MENESES; ALMEIDA, 2012). São essas características que os sensores captam e registram, ou seja, a energia refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre (FLORENZANO, 2007). Esse registro é em forma de imagem ou gráfico, associando a distribuição da radiação, emitância, ou retroespalhamento com suas características físicas, químicas, biológicas e geométricas (NOVO, 2008).

Para Fitz (2008), os sensores podem ser acoplados em aeronaves e satélites. Dentre os sensores acoplados em satélites o projeto *landsat* se destaca. Ele é realizado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) em cooperação com o departamento do interior dos Estados Unidos e recebeu, inicialmente o nome de *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS) (FEITOSA et al., 2008). Esse projeto foi um avanço no sensoriamento remoto, começando com o satélite *landsat 1*, lançado em 1972, que possibilitou a obtenção de imagens em diferentes faixas espectrais como do espectro visível, do infravermelho próximo e termal (MENESES, ALMEIDA 2012).

Atualmente 8 satélites foram lançados, sendo possível, com eles a realização de trabalhos voltados ao meio ambiente, como o de Leite et al. (2017), onde eles realizaram uma análise temporal do uso do solo, Santos et al. (2017), que estudaram a dinâmica do uso e cobertura da terra em nove municípios da região sul de Tocantins e Rogers (2017), que monitorou a saúde e distribuição de manguezais na Austrália.

Para o uso e ocupação do solo vem se utilizando o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Segundo Rouse et al. (1973), o NDVI é a diferença das reflectâncias das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED), com valores entre 1 (um) e -1 (menos um). É utilizado como ferramenta para o monitoramento da vegetação, culturas agrícolas, florestas, climas e determinação da área de cobertura do solo. Valores próximos a 1 (um) indicam a presença densa de vegetação fotossinteticamente ativa, valores baixos indicam solos expostos e valores negativos indicam total ausência de vegetação, normalmente sendo água (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010; MENESES; ALMEIDA, 2012).

Vários trabalhos foram elaborados com essa metodologia, por exemplo: Zheng et al. (2015), que utilizaram o NDVI e demais metodologias para analisar o seu potencial de classificação de quantificação das espécies plantadas na agricultura em uma região árida no Arizona nos Estados Unidos; Fern et al. (2018), os quais empregaram o NDVI e outras metodologias para estimar a biomassa verde e cobertura vegetativa em uma região semiárida com pastagens no sul do Texas; Liu Zhang e Zhang (2018), que analisaram a modificação da vegetação na província de Tongren, na China, entre os anos 2000 e 2016; Weber, Schaepman-strub e Ecker (2018), que utilizaram o NDVI como uma das ferramentas para prever a qualidade de habitats de pastagens secas na Suíça; Silva et al. (2019), averiguaram o aumento de áreas expostas devido a prática de desmatamento e queimada da vegetação para fins agrícolas em Iguatú no Ceará; Lizaga et al. (2019), os quais utilizaram o NDVI em parte de sua pesquisa para análise da expansão da cobertura e da densidade na vegetação da Bacia hidrográfica de *Parón*, no Peru, entre os anos de 1987 e 2018; Han (2019), que analisou a mudança do comportamento da vegetação no noroeste da China entre os meses de abril e outubro dos anos 1982 a 2015.

Além do NDVI, que pode ser calculado a partir de imagens ópticas, o projeto *Missão Topográfica Radar Shuttle* (SRTM) também se destaca quanto às aplicações do sensoriamento remoto. Esse projeto advém da cooperação entre a NASA e a *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA), do departamento de defesa dos Estados Unidos, e das Agências espaciais da Alemanha e Itália (FLORENZANO, 2008), ocorrido em fevereiro do ano 2000, no qual, por meio de sensores específicos captou os dados planialtimétricos da superfície terrestre resultando na formação do Modelo Digital de Elevação (MDE) (FARR; KOBRIC, 2000).

O projeto SRTM otimizou estudos que envolvem o relevo, principalmente no estudo da caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, como o realizado por Aumassanne (2018) na nascente do Rio Colorado na Argentina, o por Kannan et al., (2018) na bacia do rio *Cauvery*, Índia, Ashmawy et al. (2018), na bacia de *Wadi Ghadir*, no Egito, Elsadeck et al. (2018) na bacia de *Wadi Quena*, no Egito, Dikpal, Prasad e Satish (2017), na bacia do rio *Budigire Amanikere*, na Índia, e Bhat et al. (2019), na bacia hidrográfica de *Jhelum*, na Índia.

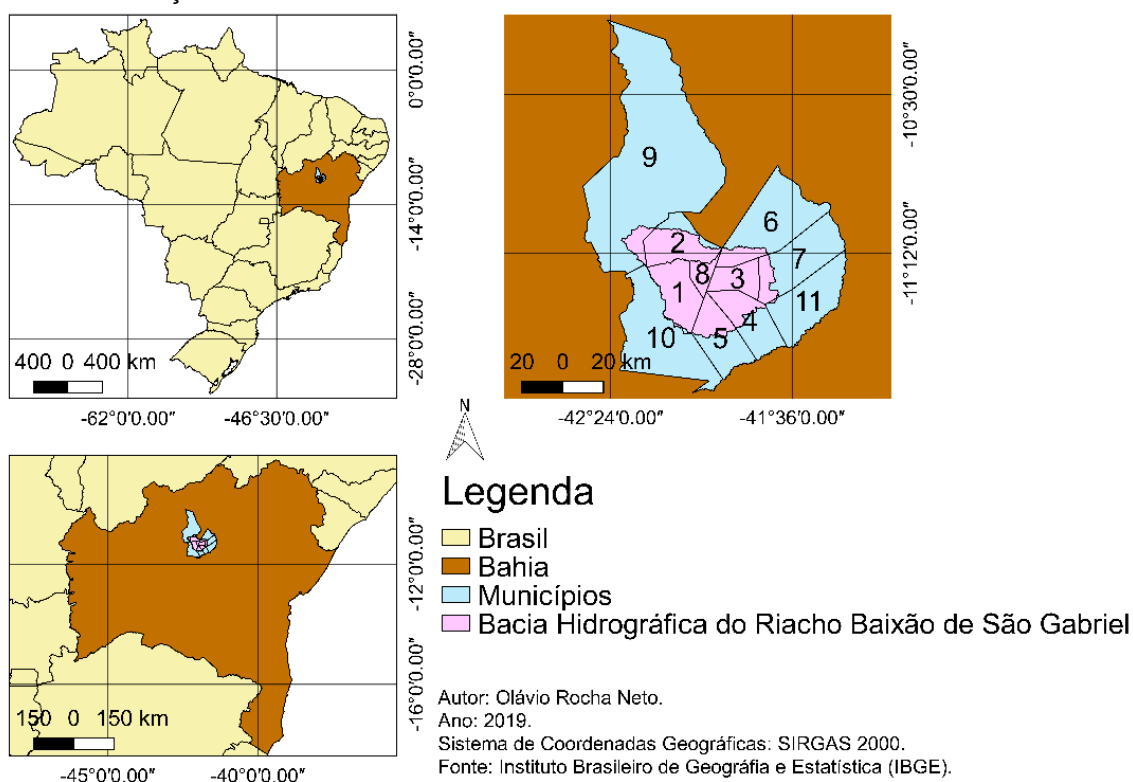
Nessa perspectiva, os produtos do sensoriamento remoto vêm mostrando resultados e otimizações em diversos estudos e trabalhos pelo mundo.

4 METODOLOGIA

4.1 Localização da área de estudo

Conforme destacado na Figura 4 a sub bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel está localizada no interior do estado da Bahia, na microrregião de Irecê. De acordo com Bahia (2014), a região está localizada a Oeste da Mesorregião Centro Norte Baiano e inserida no domínio morfoclimático do semiárido com chuvas inferiores a 800 mm anuais.

Figura 4 - Localização da área de estudo.



Abrange onze municípios (Tabela 1), a saber: Uibaí (1), Central (2), Irecê (3), Lapão (4), Ibititá (5), São Gabriel (6), João Dourado (7), Presidente Dutra (8), Itaguaçu da Bahia (9), Ibipeba (10) e América Dourada (11).

Tabela 1 - Cidades da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.

Cidades	Coordenadas		
	Latitude	Longitude	Altitude
Uibaí (1)	11° 20' 13" S	42° 7' 58" W	582m
Central (2)	11° 8' 9" S	42° 6' 46" W	698m
Irecê (3)	11° 18' 14" S	41° 51' 21" W	721m
Lapão (4)	11° 22' 58" S	41° 49' 55" W	775m
Ibititá (5)	11° 32' 49" S	41° 58' 40" W	782m
São Gabriel (6)	11° 13' 44" S	41° 54' 43" W	692m
João Dourado (7)	11° 21' 0" S	41° 39' 50" W	815m
Presidente Dutra (8)	11° 17' 45" S	41° 59' 13" W	660m
Itaguaçu da Bahia (9)	11° 0' 43" S	42° 23' 56" W	440m
Ibipeba (10)	11° 38' 27" S	42° 0' 39" W	700m
América Dourada (11)	11° 27' 18" S	41° 26' 9" W	711m

Fonte: Google mapa adaptado (2019).

4.2 Aquisição de dados

Para realização do trabalho foram necessárias imagens do Modelo Digital de Elevação (MDE), arquivos no formato vetorial dos limites dos municípios da Bahia e do limite territorial Brasileiro, além de imagens multiespectrais da região para os anos de 1987, 1997, 2007 e 2018.

O MDE e as imagens multiespectrais foram obtidas no site do *The United States Geological Survey* (USGS), com resolução espacial de 30 m. A primeira elaborada a partir da missão SRTM, enquanto que as imagens multiespectrais foram produzidas pelo projeto *Landsat*. Sendo escolhidas os satélites *Landsat 5* para os anos de 1987, 1997 e 2007, e o *Landsat 8* para o ano de 2018. Elas foram escolhidas entre os períodos pós e ante chuva devido a menor cobertura de nuvens e diminuição de erros quanto a caracterização da vegetação que, por ser caatinga, possui comportamento diferente na interação com a radiação eletromagnética na estação seca e chuvosa Rouse et al. (1973). Na seca a realização da fotossíntese é diminuída, assim a vegetação apresenta coloração cinza, enquanto que no período chuvoso a fotossíntese é intensa e apresenta coloração verde. Já os arquivos vetoriais foram adquiridos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4.3 Softwares utilizados

Para realização do trabalho foi utilizado o *software* gratuito de mapa e análise de dados, QGIS, versão 2.18.21, também foi utilizado uma planilha eletrônica para

manipulação e confecção de tabelas, dados e gráficos. Além do software GRASS para análise dos dados.

4.4 Pré-processamento e delimitação do espaço

O Pré-processamento refere-se ao tratamento preliminar dos dados brutos, com a finalidade de calibrar a radiometria da imagem, atenuar os efeitos da atmosfera, remover ruídos, corrigir suas distorções geométricas, por meio de georreferenciamento e reamostragem (FLORENZANO, 2008).

Primeiramente, todas as imagens do projeto *Landsat* foram corrigidas com o *Semi Automatic Classification Plugin* (SCP), complemento do QGIS que possibilita o usuário a fazer a classificação semiautomatizada *pixel por pixel* das imagens de diversos satélites, além de possuir algoritmos voltados ao pré-processamento das imagens. Essas foram abertas na interface do SCP, juntas com os respectivos metadados, conjunto de atributos das imagens, foi escolhido o tipo de satélite e o programa foi executado, assim os números digitais das imagens foram transformados para radiância.

As Imagens SRTM e as imagens *Landsat* corrigidas foram reprojatadas para o sistema de referência de coordenadas Sirgas 2000. As imagens SRTM foram unidas formando uma única imagem, processo denominado mosaicagem.

Para toda a delimitação da área da bacia foi utilizado o *Taudem* (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*), ferramenta que é específico para extração e análise de informações hidrológicas a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE).

O primeiro passo com o *Taudem* foi a remoção de possíveis falhas no SRTM, pois essas podem apresentar *pixels* com valores negativos. Esse processo foi realizado através do algoritmo “remover depressão”.

Em seguida, foi utilizado o algoritmo direção de fluxo, obtendo um *raster* com informação do padrão de drenagem da bacia. Com essa informação foi utilizado algoritmo “área de contribuição D8”, que delimita as várias bacias hidrográficas da imagem *raster*.

Com a delimitação das bacias hidrográficas foi escolhido o exutório do Riacho Baixão de São Gabriel, conforme a nomenclatura dos riachos das cartas topográficas da região apresentadas no site do Geoportal do Exército Brasileiro. Assim, o Riacho

Baixão foi percorrido até seu exutório de onde foram extraídas as suas coordenadas, demarcando sua localização, no QGIS, com um vetor do tipo ponto.

Novamente o algoritmo “área de contribuição” foi utilizado, porém com o arquivo vetorial do exutório delimitando a bacia em estudo. Para finalizar a delimitação da área e a base para a caracterização morfométrica, foi utilizado o algoritmo “Direção de Limiar para Fluxo Canalizado”, obtendo-se, assim, a rede de drenagem em forma vetorial e *raster*, utilizado em outras etapas. Para obter a área da bacia foi utilizado o algoritmo “Alcance e fluxo de Bacia hidrográfica”.

Com o *software* GRASS, a área delimitada, que estava em formato de imagem, foi convertida em vetor. Em seguida as imagens *Landsat* foram recortadas com a camada vetorial da bacia hidrográfica, obtendo-se, deste modo, a área do estudo. Com os arquivos dos limites municipais da Bahia foi possível identificar quais contém a área de estudo e suas respectivas áreas.

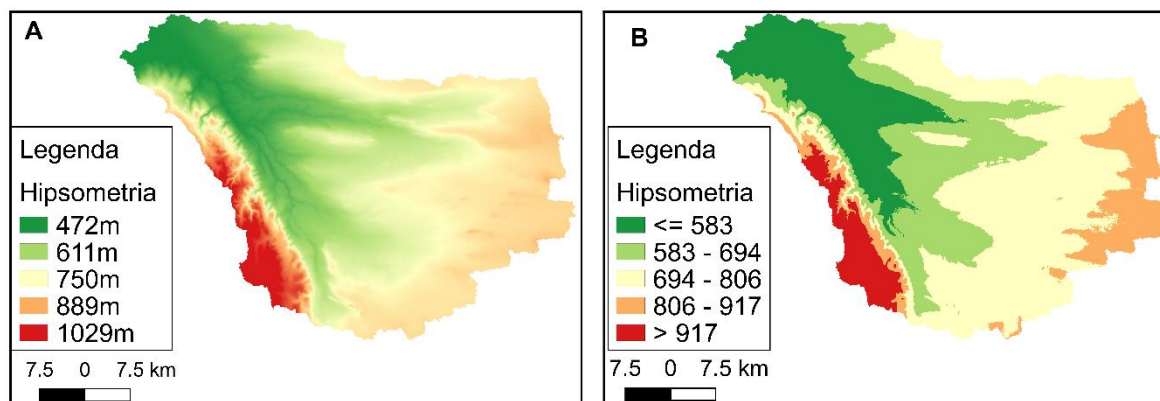
4.5 Caracterização Morfométrica.

O SRTM também foi a base para extração das informações hipsométricas, clinográficas e da rede de drenagem, bem como a confecção dos respectivos mapas.

O mapa hipsométrico é uma ilustração do relevo de determinada superfície onde a área estudada é dividida em intervalo de altura e cada intervalo é representado por uma isolinha, a qual pode ter, para cada cota de altitude, uma cor relacionada, facilitando a compreensão do leitor. O mapa clinográfico ou de declividade representa a ilustração colorida da declividade de determinada área. Por sua vez o mapa de drenagem representa de forma ilustrativa os cursos d'água de uma determinada área.

Para a hipsometria o SRTM foi dividido em sete classe ou intervalos que variam de 100 m de um para o outro, sendo que a primeira classe identificada corresponde a 520 m e a última de maior valor equivale a 1020 m. Estes intervalos foram definidos considerando a melhor visualização, conforme a Figura 5B, uma vez que a mesma representa em uma única cor um intervalo de classe, ou seja, faz uso do método discreto, diferente da Figura 5A, que demonstra de forma contínua os intervalos das classes. Processo realizado com o *software* GRASS.

Figura 5 - Representação do relevo em intervalo contínuo (A), (B) representação do relevo em intervalo discretizado.



Fonte: Criado pelo autor com dados extraídos da USGS.

Analisando a Figura 5, percebe-se que a imagem contínua tem uma representação colorida mais suave e detalhada, enquanto que a discretizada representa os intervalos em uma só cor sem a variação de tonalidade, diminuindo os detalhes, mas facilitando a compreensão e os futuros cálculos da área.

Seguindo a proposta de classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2010), o mapa clinográfico discretizado foi dividido em seis intervalos, representados na Tabela 2. Para a elaboração desse mapa foi necessário gerar a partir do MDE, um dado matricial com informações da inclinação do terreno em unidade de porcentagem. Para tal, foi empregado o algoritmo SLOPE, disponível no complemento GDAL a partir do GRASS.

Tabela 2 - Classificação da declividade.

Intervalo (%)	Tipo de declividade no relevo
0-3%	Relevo plano
3-8%	Relevo suavemente ondulado
8-20%	Relevo ondulado
20-45%	Relevo Forte ondulado
45-75%	Relevo montanhoso
>75%	Relevo escarpado

Fonte: EMBRAPA (2010) adaptado.

Para a confecção do mapa de drenagem foi utilizada a rede de drenagem extraída anteriormente da bacia com o algoritmo “Direção de Limiar para Fluxo Canalizado”, conforme explanado no tópico “4.4 Pré-processamento e delimitação espaço”. Os riachos foram classificados conforme a metodologia de Strahler (1957). Nessa metodologia, quando começa a formação do riacho, a partir das nascentes, o

corpo d'água é classificado como de ordem 1, quando dois rios de ordem iguais se agregam passa a ser de ordem 2 e assim por diante. No mapa, foi atribuída uma cor e espessura próprias para cada ordem.

Os parâmetros morfométricos se dividem de acordo com a geometria, drenagem e relevo da Bacia. Quanto a geometria relaciona a forma da bacia hidrográfica com figuras geométricas. A drenagem refere-se à quantidade de rios, riachos e nascentes, além do seu formato e suscetibilidade a processos erosivos. Quanto ao relevo aborda a hipsometria, a clinografia e outros parâmetros relacionados a processos erosivos, uso e ocupação do solo.

Os parâmetros morfométricos escolhidos e suas respectivas definições estão destacados na tabela 3. Área (A), perímetro (P), comprimento axial (L_a), comprimento de talvegue (L), número de cursos d'água (N), comprimento total dos cursos d'água (L^*), comprimento do rio principal (L_r) e amplitude altimétrica (Δ_a) foram calculados através da tabela de atributos do QGIS a partir da aplicação das formulas da Tabela 3. Estes parâmetros fornecem subsídios ao entendimento de alguns fenômenos e processos que podem incidir sobre a bacia, como a tendência a enchentes e erosões, além de subsidiar no uso e ocupação do solo.

Tabela 3 - Parâmetros Morfométricos.

Características	Fórmulas	
Características geométricas		
Coefficiente de Compacidade (kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Compara a área da bacia com um círculo. Seu resultado indica tendência a enchentes. Valores maiores que 1,5 indicam baixa tendência, entre 1,25 e 1,5 média e entre 1,00 e 1,25 alta.
Índice de conformação (Fc)	$Fc = \frac{A}{L_a^2}$	Compara a área da bacia (A) com a área de um quadrado de lado igual ao comprimento axial (L_a). Valores abaixo 0,51 indicam baixa tendência a enchentes, valores entre 0,75 e 0,51 indicam média tendência, valores maiores que 0,74 indicam alta tendência a enchentes.
Índice de Circularidade (IC)	$IC = 12,57 \frac{a}{p^2}$	Compara a área da bacia com um círculo. Seu resultado também indica tendência a enchentes. Valor maior que 0,51 indicam alta tendência, valor igual 0,51 indica média tendência e valores menores que 0,51 indicam baixa tendência.

Tabela 4 (cont.) - Parâmetros Morfométricos.

Características de drenagem		
A densidade de drenagem (D)	$D = \frac{\sum L}{A}$	É a razão entre o somatório do comprimento (L) total dos cursos d'água em uma bacia e a área desta (A). Seu resultado varia de 0,5 km/km ² em bacias com drenagem pobre a 3,5km/km ² ou mais em bacias bem drenadas.
Densidade hidrográfica (Dh)	$D_h = \frac{N}{A}$	Estima a capacidade da bacia gerar novos canais através da comparação de cursos d'água.
Sinuosidade do curso d'água (Sin)	$Sin = \frac{L_r}{L}$	É a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue.
Índice de sinuosidade (I _s)	$I_s = \frac{L_r - L}{L}$	Relação entre o rio e talvegue. Valores menos que 0,2 indicam canal muito reto, entre 0,2 e 0,3 indicam canal reto, entre 0,3 e 0,4 indicam canal divagante e valores maior que 0,4 indicam canal sinuoso.
Coeficiente de manutenção (C _m)	$C_m = \frac{1}{D} 1000$	Representa a área necessária que a bacia deve ter para manter 1m de canal de drenagem 1m 1km ² de área
Ordem dos cursos d'água:		Referem-se ao grau de ramificações do sistema de drenagem de uma bacia.
Características de relevo		
Índice de rugosidade (H _d)	$H_d = \Delta_a \cdot D$	Analisa se a bacia tem vertentes íngremes e longas, através da combinação da diferença de nível e a densidade de drenagem, quanto mais alto maior a probabilidade.

Fonte: HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; SCHUMM 1963; CHRISTOFOLETTI, 1969; VILLELA; MATTOS, 1975.

4.6 Análise da sequência histórica pluviométrica.

Os dados de precipitação da região foram adquiridos no site da *hidro web* fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), no Departamento Nacional de Obras Contra Secas (DNOCS) e pelo Instituto Nacional de meteorologia (INMET).

Primeiramente, os dados foram agrupados na planilha eletrônica, descartando os anos que possuem falhas, como falta de observações e valores extrapolados, como chuvas diárias maiores que a média anual. Em seguida, foi calculado o somatório da precipitação anual e elaborado o gráfico com relação do ano e a precipitação total de

todos os municípios disponíveis para analisar o padrão de precipitação em toda extensão da bacia.

Foi calculada a precipitação média regional e em seguida elaborada as tabelas com os dados de precipitação para facilitação da compreensão do leitor.

Foram escolhidos os dados dos meses chuvosos anteriores as datas das imagens *Landsat* adquiridas, e em seguida elaborado os gráficos de precipitação total mensal e seus referentes meses para validação dos valores de NDVI.

4.7 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

As imagens multiespectrais recortadas e pré-processadas (ver tópico 4.4). foram a base para obtenção dos valores de NDVI. Ele foi calculado com auxílio da ferramenta calculadora *raster*, disponível no QGIS conforme a equação descrita por Rouse et al. (1973), onde o NDVI é a diferença das refletâncias das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED) dividida pela soma de ambos.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Para o satélite *Landsat 8* as bandas que correspondem ao NIR e ao RED são, respectivamente, a 5 e a 4, enquanto que para o *Landsat 5* são a 4 e a 3.

O NDVI foi calculado no período chuvoso para o acompanhamento da resposta da vegetação a precipitação ao longo dos anos. A identificação e quantificação das áreas com vegetação densa foram associadas aos valores maiores que 0,6; para vegetação não densa foi escolhido o intervalo entre 0,3 e 0,6, encontrando-se assim, áreas de agricultura, pastos, vegetação em recuperação, vegetação degradada e solo parcialmente exposto. O intervalo entre 0,0 a 0,3, que representam áreas com solo totalmente exposto, ou em sua maior parte, estradas, construções, cidades e urbanização em geral; e, por último, o intervalo negativo, que contém os corpos d'água.

O período chuvoso responde fielmente ao NDVI, uma vez que a caatinga possui alta atividade fotossintética se destacando em relação solo desnudo.

Os intervalos das imagens do NDVI foram discretizadas de forma similar ao mapa hipsométrico através do software GRASS. Em seguida, as imagens foram também transformadas em vetor e tiveram as áreas de cada intervalo calculadas, em km², com auxílio da tabela de atributos do QGIS e transportados para a planilha

eletrônica em que foi realizada a confecção dos gráficos e tabelas de comparação e porcentagem entre os valores de NDVI ao longo dos anos.

4.8 Classificação supervisionada

A classificação supervisionada consiste na retirada de amostras da área escolhida e determinada para que as demais áreas com características espectrais similares sejam classificadas.

Primeiramente, foi elaborado um empilhamento com as bandas 3, 4 e 5, para o *Landsat 5*, e com as bandas 4, 5 e 6, do *Landsat 8*, obtendo-se assim uma imagem falsa cor da área. Através dela retirou-se amostras, com o complemento SCP, de áreas ocupada pela vegetação nativa, áreas destinadas a agropecuária, presença de nuvens, sombras, afloramento rochosos e corpos d'água.

Para cada imagem selecionada foi retirada uma média de 110 amostras. Em seguida executou-se o programa gerando um dado vetorial e matricial do uso e ocupação do solo. Logo após validou-se as informações das imagens classificadas. Essa etapa necessitou a criação de 50 amostras aleatórias por imagens, processo simples no QGIS, as amostras foram classificadas de forma manual e em seguida houve a comparação dos dados através do SCP fornecendo o índice de coeficiente Kappa.

Através da tabela de atributos do QGIS calculou-se as imagens vetorizadas. Os resultados foram anexados a uma planilha eletrônica, em que se elaborou tabelas e gráficos referentes ao uso e ocupação do solo.

Também foi realizada visita em campo para análise do ambiente.

4.9 Mapas temáticos

Todos os resultados obtidos foram apresentados em forma de mapas temáticos confeccionados no compositor de imagem do *software* QGIS.

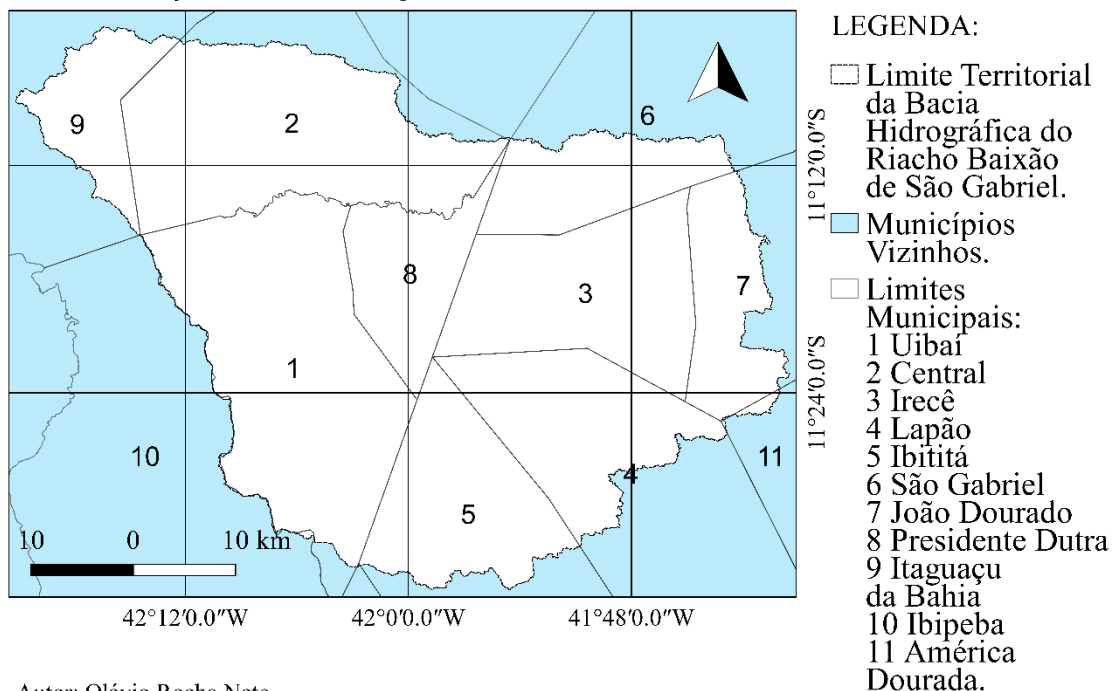
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Área Delimitada

A área de uma bacia hidrográfica é um dos parâmetros mais importantes da morfometria da mesma, uma vez que seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada em um intervalo de tempo, define o volume de água recebida, influenciando diretamente o hidrograma, a magnitude de picos e o escoamento médio da bacia, podendo definir a potencialidade hídrica da bacia (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015; DIKPAL; PRASAD; SATISH, 2017).

A micro bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel tem uma área de 2513,481km², sendo sua área e porcentagem distribuídas nos municípios conforme a Tabela 4 e a Figura 6.

Figura 6 - Delimitação da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Tabela 5 - Área dos municípios na Bacia.

Cidades	% área da bacia localizada no município.	% área do município coberta pela bacia	Área do município coberta pela bacia
Uibaí (1)	22,32 %	98,76 %	560,907 Km ²
Central (2)	18,83 %	76,57%	473,210 Km ²
Irecê (3)	12,99 %	100 %	326,541 Km ²
Lapão (4)	10,57 %	42,96 %	265,651 Km ²
Ibititá (5)	10,38 %	40,70 %	260,846 Km ²
São Gabriel (6)	6,71 %	13,67 %	168,759 Km ²
João Dourado (7)	6,25 %	16,92 %	157,144 Km ²
Presidente Dutra (8)	6,16 %	100 %	154,735 Km ²
Itaguaçu da Bahia (9)	5,28 %	2,94 %	132,665 Km ²
Ibipeba (10)	0,33 %	0,57 %	8,286 Km ²
América Dourada (11)	0,19 %	0,55 %	4,72, Km ²

Fonte: Autoria Própria (2019)

Os municípios de Irecê (3) e Presidente Dutra (8) possuem 100% da sua área dentro da bacia, seguidos pelo Uibaí (1), com 98,76%, Central (2), 76,57%, Lapão (4), 42,96%, Ibititá (5), 40,79%, João Dourado (7), 16,92%, São Gabriel (6), 13,67%, Itaguaçu da Bahia (9), 2,94%, Ibipeba (10), 0,57% e América Dourada (11), 0,55%.

Dos 11 municípios da bacia, apenas três contém, somados, mais de 50% da área da bacia, Uibaí (1), Central (2) e Irecê (3), enquanto os municípios de Ibipeba (10) e América Dourada (11) contribuem com menos de 0,6% da área. Em alguns estudos sobre a mesma bacia, os pesquisadores Junior (2004) e Abreu (2010) levaram em conta somente o município de São Gabriel (6), que deu origem ao nome do Riacho, e o de Central (2), que, ao total, somam apenas 25,54% da área da bacia.

Além da área, outra característica fundamental é a geometria ou forma da bacia. Para Campos (2015), ela é um parâmetro importante na determinação do tempo de concentração, o tempo necessário para que toda bacia contribua na saída de água após uma precipitação. Os resultados da geometria e das demais características morfométricas estão descritas na Tabela 5.

Tabela 6 - Parâmetros Morfométricos

	Morfometria
Coefficiente de Compacidade (kc)	2,187
Fator de conformação (Fc)	0,299
Índice de Circularidade (IC)	0,206
A densidade de drenagem (D)	1,71
Densidade hidrográfica (Dh)	1,99
Sinuosidade do curso d'água (Sin)	1,23
Índice de sinuosidade (I _s)	0,223
Coefficiente de manutenção (C _m)	584,18
Ordem dos cursos d'água:	7
Índice de rugosidade (H _d)	1299,236

Fonte: Dados da pesquisa.

Os fatores de formas da Tabela 5 são equações voltadas para a análise do formato da bacia hidrográfica. Para a bacia em estudo, o coeficiente de compacidade foi de 2,187, considerado alto. Segundo Elsadek (2018), valores altos do coeficiente de compacidade indicam que a bacia tem forma não circular, possuindo maior tempo de concentração.

Fato comprovado pelo baixo fator de forma, de 0,299, e baixo índice de circularidade, 0,206, denotando que a bacia possui forma alongada. Lima et al. (2013) consideram que essa geometria favoreça a um fluxo de água bem distribuído ao longo de todo canal principal, produzindo cheias de volume inferior quando comparado a uma bacia de forma circular.

A densidade hidrográfica de 1,99/km² indica que a bacia possui maior facilidade em drenar a água precipitada, pois, segundo Gerber (2018), a densidade de drenagem hidrográfica com valores baixos, como em sua bacia estudada de 0,04/km², reflete a dificuldade da água precipitada no solo encontrar rapidamente um canal para escoar. No estudo de Elsadek (2018), na bacia hidrográfica de Quena, baixos valores de densidade de drenagem refletem bacias com solos bastantes permeáveis e porosos, com escassa cobertura vegetal.

A característica da facilidade em drenar água também é confirmada no índice de Sinuosidade 0,223, uma vez que, segundo Schumm, 1963 indica canal reto. Já o índice de rugosidade, com 1299,3, indica o risco de degradação da bacia, pois sugere vertentes íngremes e longas.

Valores elevados de coeficiente de manutenção indicam que grandes áreas são necessárias para conservar cada metro de canal. A bacia possui coeficiente de manutenção de 584,2.

5.2 Caracterização Hipsométrica

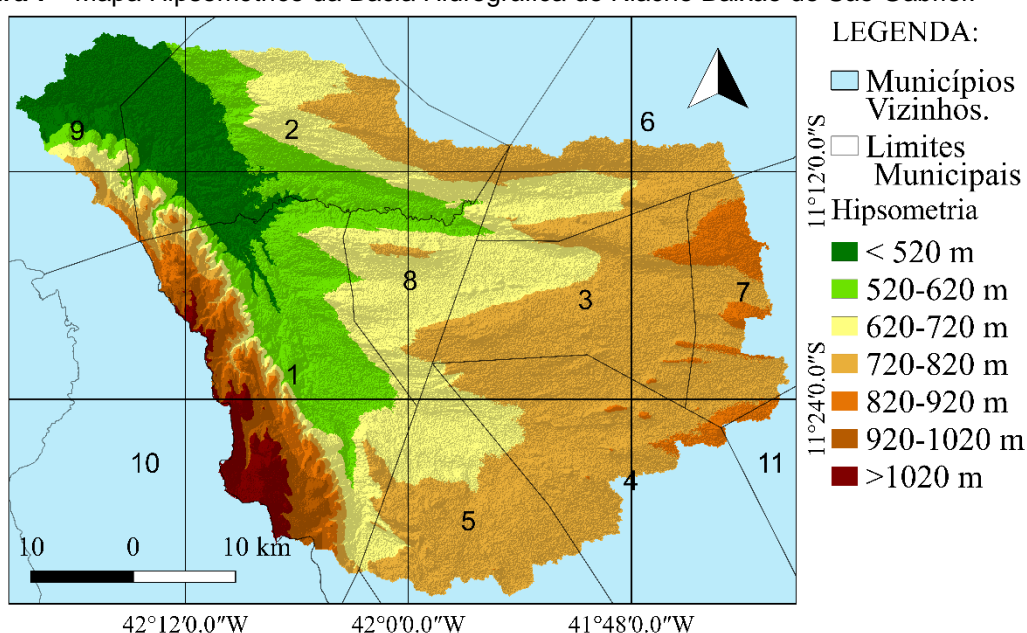
5.2.1 Hipsometria

A Figura 7 representa o mapa hipsométrico da bacia hidrográfica. Ela possui um relevo bem distribuído com altura máxima de 1.179m, localizada na divisa entre o município de Uibaí (1) e Ibipêba (10), região serrana com formação de várias nascentes devido a viabilização da formação de chuvas orográficas e altura mínima de 420 m, no município de Itaguaçu (9). Assim sua amplitude altimétrica é de 759 m,

variação essa que quando comparada aos 3.746 m de amplitude altimétrica da bacia hidrográfica de *Jhelum*, na Índia, estudada por Bhat et al. (2019), é baixa, isso devido a Índia possuir cadeias montanhosas formadas por encontro de placas tectônicas, dinâmica que não existem no território Brasileiro.

Florenzano (2008) comentou que o relevo e os rios podem ser utilizados como fronteiras políticas entre municípios, estados e países. De acordo com a Figura 7, o extremo da cota mais alta da bacia é o limite entre os municípios de Uibaí (1) e Ibipêba (10). Já o município de Central (2) e Presidente Dutra (8) são divididos pela cota mais baixa, pois, entre eles percorre o riacho.

Figura 7 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

5.2.2 Declividade

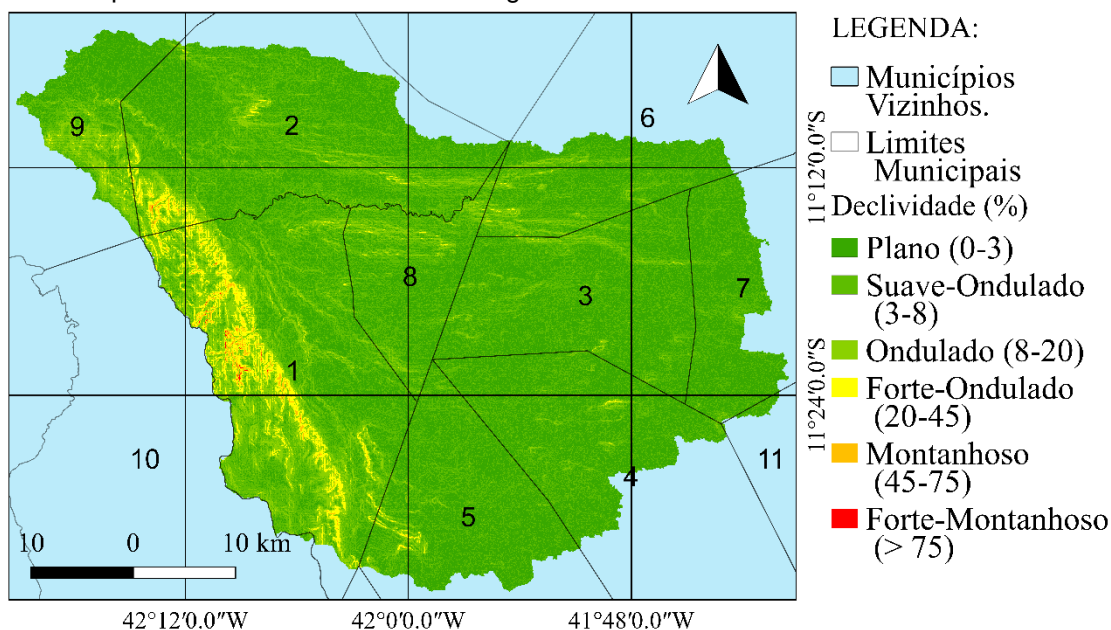
A bacia possui uma declividade predominantemente baixa (Figura 8) entre plano, suave-ondulado e ondulado, demonstrando potencial para agricultura mecanizada.

Bacias com declividade suave produzem menos escoamento e pequenos picos de escoamento, porque elas fornecem tempo máximo para a água infiltrar, devido à baixa velocidade do fluxo de água (BHAT et al., 2019).

O município do Uibaí (1) contém as maiores declividades da bacia, devido à formação de serras em seu município. Declividades elevadas resultam em altas velocidades de escoamento superficial, aumentam a susceptibilidade à erosão do solo (DIKPAL; PRASAD; SATISH, 2017).

De acordo com o mapa clinográfico (Figura 8) existe a presença da declividade forte-ondulada entre os municípios de São Gabriel (6), Irecê (3), João Dourado (7) e, de forma difusa, nos demais municípios. Essas áreas têm a formações mais elevadas, como visto no mapa hipsométrico (Figura 7). Podem apresentar pequenos espaços com declividade montanhosa e forte-montanhosas, não sendo capturadas pela resolução espacial do MDE, de 30 metros.

Figura 8 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

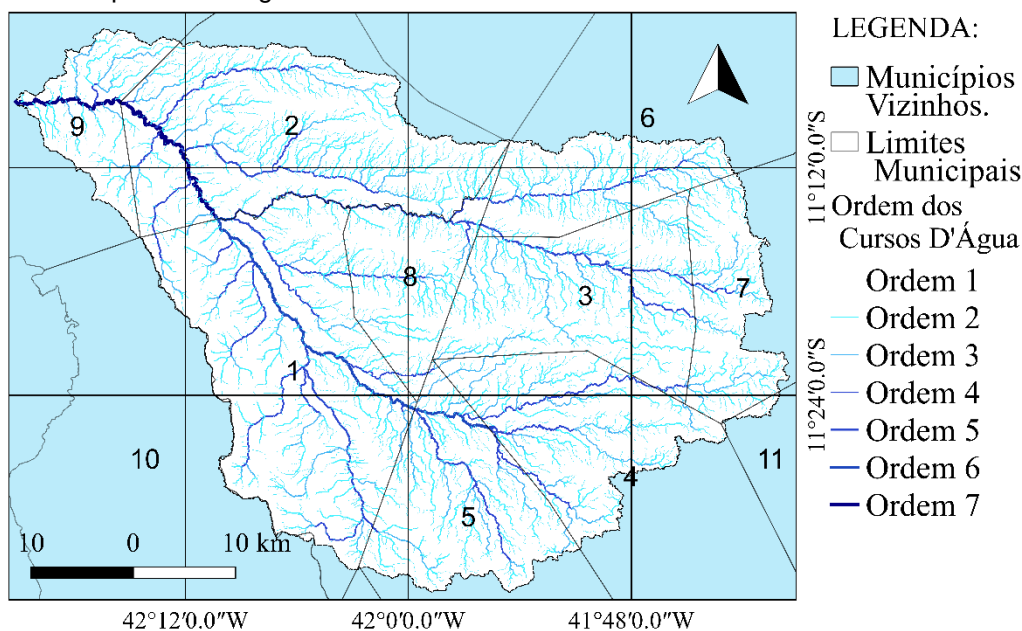
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

5.2.3 Hidrografia

A Figura 9 representa o mapa da ordem de drenagem da bacia. Os rios são canais de escoamento concentrado da água, que permitem sua transferência por gravidade das regiões mais altas para as mais baixas (FLORENZANO, 2008). Assim a área com menor altitude representada no mapa hipsométrico possui o exutório da bacia, onde o Riacho Baixão de São Gabriel desagua no Rio Verde.

O Rio, em seu exutório, possui ordem 7 e, diferente das caracterizações realizadas na literatura em que o Rio principal, com maior extensão e ordem nomeia a bacia, esse não foi nomeado por esse método, pois o rio principal é o riacho do Jaú, que apresenta extensão de 65,47 km. Considerando o ponto mais distante até o encontro com o Riacho Baixão de São Gabriel, ele é o que se localiza na região mais a sul do mapa de drenagem e possui maior ordem no município de Uibaí (1) e, enquanto o Riacho de São Gabriel, com localização mais a norte do mapa, que nasce no município de São Gabriel (6), possui extensão de 57,23 km até o ponto de encontro no Riacho do Jaú. Outro fator importante é a ordem dos rios, uma vez que no ponto de encontro de ambos os cursos d'água o riacho de São Gabriel possui ordem 5, sendo inferior ao riacho do Jaú com ordem 6.

Figura 9 - Mapa de Drenagem do Riacho Baixão de São Gabriel.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

No total, foram contabilizadas 2.512 nascentes, que são riachos de ordem 1. Para Ameri, Pourghasemi e Cerda (2018), a extração do número e comprimento das redes de drenagem do MDE está relacionada a sua resolução e o limiar celular. Quanto maior a precisão do modelo digital de elevação e os valores mais baixos de limiar, maior o número e o comprimento dos fluxos extraídos. Assim esse valor poderia mudar de acordo com a resolução do MDE.

5.3 Precipitação Pluviométrica

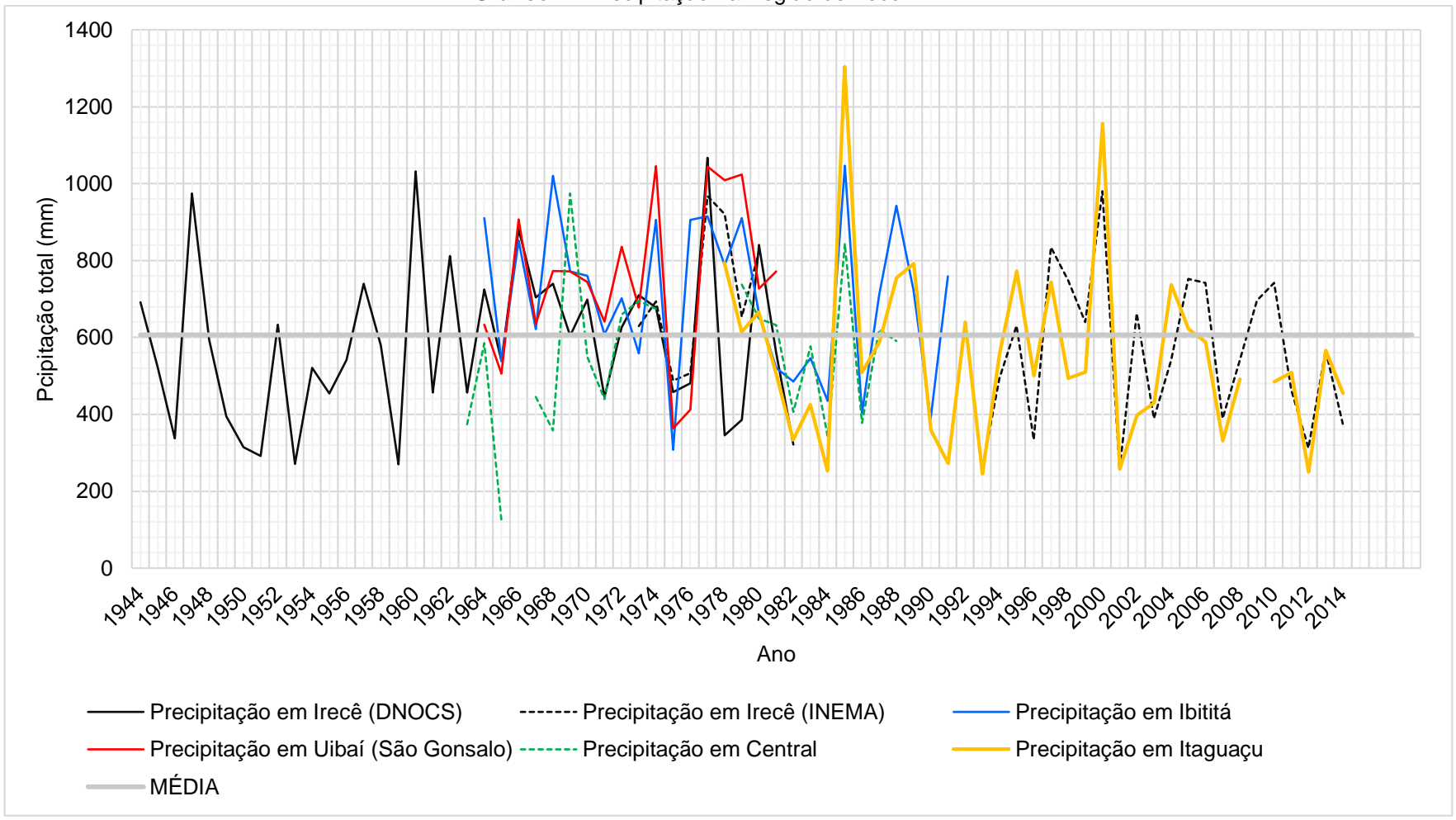
No Gráfico 1 estão apresentadas as precipitações totais anuais nos municípios de Irecê, Ibititá, Uibai, Central e Itaguaçu. Como visto, a maior parte dos municípios possuem informações incompletas quanto a precipitação, provavelmente devido a falhas e erros na aferição.

Nessa perspectiva, o registro mais antigo é do município de Irecê, que data do ano de 1944, cuja fonte de dados foi o Departamento Nacional de Obras contra Seca (DNOCS). Em 1973 outra estação apresenta dados pluviométricos em Irecê, com responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual está representada, no Gráfico 1, pelo tracejado de cor preta. Apesar das duas estações estarem no mesmo município, elas possuem aferições diferentes da precipitação, isso devido a precipitação não ser homogênea ao longo da área. Porém, quando se analisa a precipitação em todos os municípios ao longo do ano, percebe-se que, em épocas de pico (1974, 1985 e 2000) os municípios possuem dados pluviométricos acima da média, 606 mm. Já em anos com baixa precipitação (1975 e 1978), todos os municípios apresentam aferições abaixo da média.

Assim, os municípios da bacia possuem comportamento similar na precipitação anual, pois, em anos de alta precipitação todos os municípios ficam acima da média, isso é fundamental para o estudo do NDVI, pois diferentes condições climáticas interferem na metodologia do NDVI.

Aquino (2019) afirmou que em trabalhos de análise da vegetação Caatinga por NDVI deve-se levar em consideração efeitos da sazonalidade climática, destacando-se a precipitação, uma vez que a Caatinga responde muito rápido a precipitação. Quanto mais verde, nutridas, sadias e bem supridas do ponto de vista hídrico for a planta maior será a absorção do vermelho e maior será a reflectância do infravermelho. Assim, quanto mais verde a vegetação maior será os valores de NDVI (BARBOSA; CARVALHO; CAMACHO, 2017).

Gráfico 1 - Precipitação na Região de Irecê.



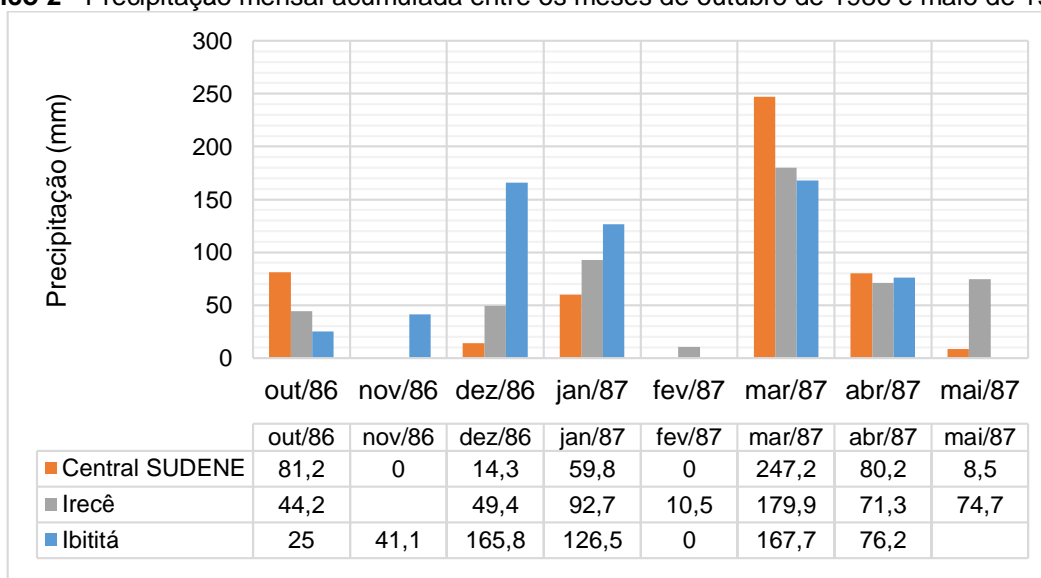
Fonte: Criado pelo autor com dados extraídos da Hidroweb.

ZHU e LIU (2015) também relatam que a estação do ano está relacionada aos valores de NDVI, pois, em seu trabalho, realizado no sudeste de Ohio, nos Estados Unidos, a vegetação apresentou valores baixos de NDVI após o inverno, devido ao não desenvolvimento das folhas, já na primavera o NDVI apresentou valores máximos devido ao ápice da vegetação.

Como visto, para a garantia dos resultados do NDVI é essencial o conhecimento do comportamento da precipitação no local estudado, pois, caso o estudo do NDVI seja realizado em períodos secos a vegetação caatinga se comportará, em valores de NDVI, de forma similar a áreas de solo exposto, uma vez que a atividade fotossintética diminui, assim levando a erros de classificação ao longo do trabalho.

As imagens de satélites coletadas foram dos meses de abril de 1987, fevereiro de 1997, maio de 2007 e fevereiro 2018. Os gráficos (2, 3 e 4) trazem as informações da precipitação total mensal ao longo desses anos.

Gráfico 2 - Precipitação mensal acumulada entre os meses de outubro de 1986 e maio de 1987.

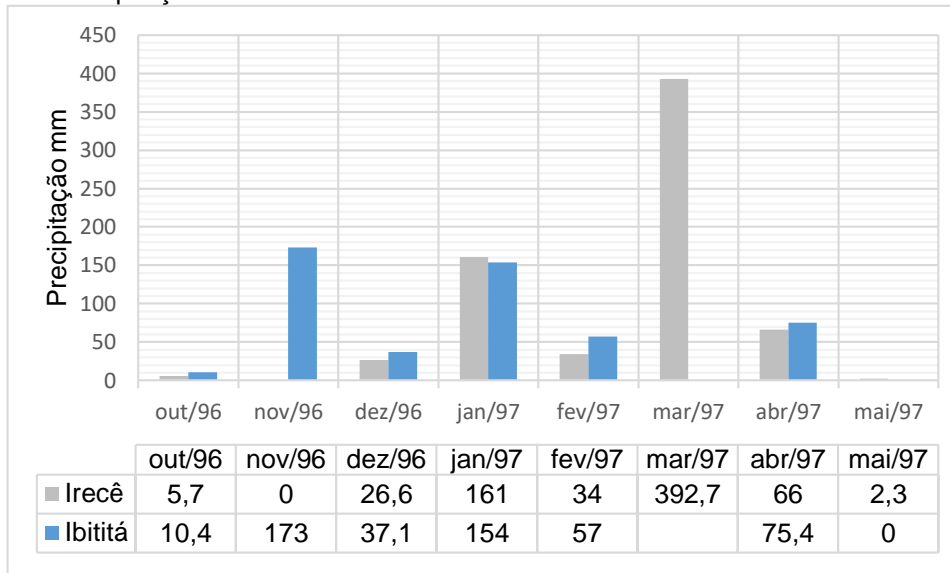


Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da Hidroweb;

O Gráfico 2 mostra dados relativos ao período chuvoso para os anos de 1986 e 1987, correspondendo a imagem *Landsat* adquirida, data de abril de 1987. De acordo com o gráfico, os meses de novembro e fevereiro registraram as menores chuvas, enquanto março e abril registraram a maior precipitação no intervalo selecionado, assegurando que a atividade fotossintética estava em seu ápice. Analisando o Gráfico 2 percebe-se que a precipitação pluviométrica nos meses de

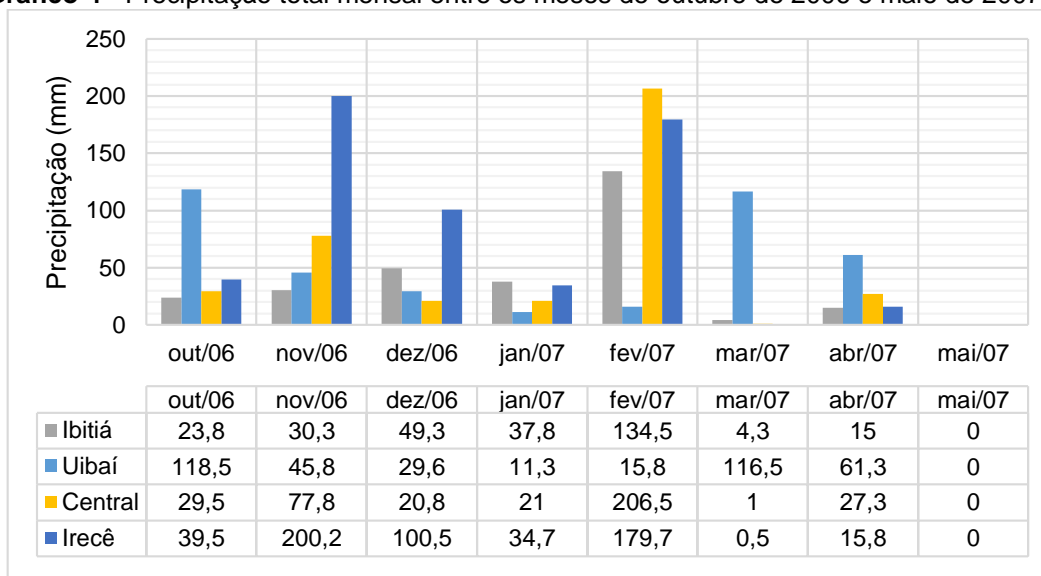
outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março em Central foram, respectivamente, 81,2 mm, 0,0 mm, 14,3 mm, 59,8 mm, 0,0 mm 247,88 mm e 80,2 mm, para o município de Irecê foram 44,2 mm, sem registro para o mês de novembro, 49,4 mm, 92,7 mm, 10,5 mm, 179,9 mm e 71,3 mm, para o municio de Ibititá foram 25 mm, 41,1 mm 165,8 mm, 126,5 mm, 0,0 mm 167,7 mm e 76,2 mm.

Gráfico 3 - Precipitação mensal acumulada entre os meses de outubro de 1996 e maio de 1997.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da Hidroweb.

No Gráfico 3 está apresentada a precipitação entre os anos de 1996 e 1997. A imagem *Landsat* referente a esse ano data de fevereiro de 1997, assim validando os valores de NDVI, uma vez que somente no mês de janeiro precipitou 161 mm no Município de Irecê e 154 mm no de Ibititá. Também houve maior precipitação no mês de novembro em Ibititá, porém sem aferição para Irecê nesse mesmo mês. Esses valores já indicam vegetação da Caatinga em seu ápice de fotossíntese assegurando a qualidade dos valores de NDVI.

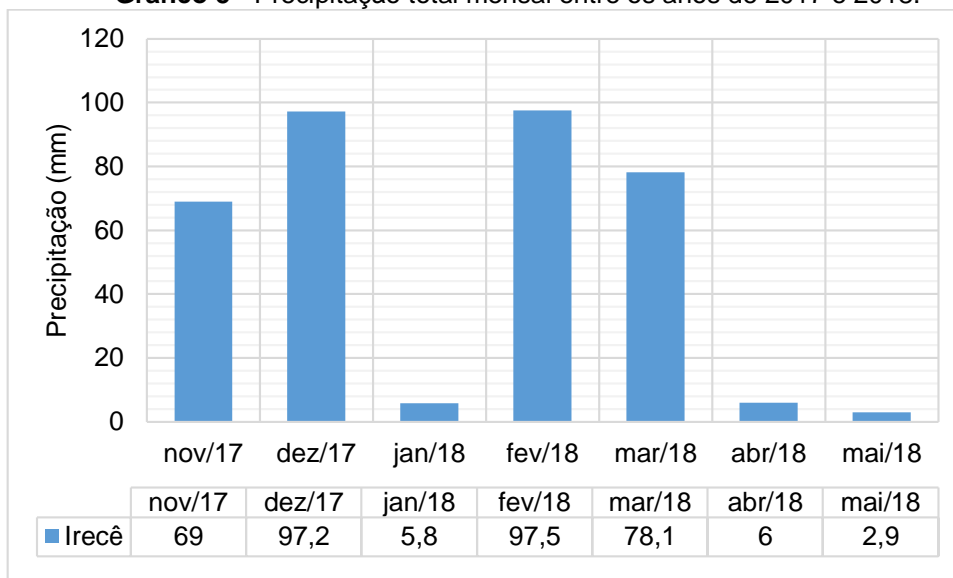
Gráfico 4 - Precipitação total mensal entre os meses de outubro de 2006 e maio de 2007.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da Hidroweb.

O Gráfico 4 representa a precipitação total mensal entre os anos de 2006 e 2007 para os municípios de Ibititá, Uibaí, Central e Irecê. Comparando os Gráficos 2, 3 e 4 percebe-se que o último teve uma precipitação pluviométrica mais distribuída entre os meses, porém de menor intensidade.

Enquanto entre os anos de 1986 a 1987 e 1996 a 1997, nos meses entre outubro a maio, a chuva em Ibititá foi respectivamente 602,3 mm, sem o mês de maio, e 506,9 mm, sem o valor do mês de março nos mesmos meses entre 2006 e 2007 a chuva acumulada em Ibititá foi de 295 mm. De forma recíproca, os valores anteriores de precipitação em Irecê foram 522,7 mm e 688,3 mm, enquanto que entre 2006 e 2007 foi de 570,9 mm. Em Central, entre o ano de 1986 e 1987 a chuva acumulada foi de 491,2 mm e entre 2006 e 2007 foi de 383,9 mm. Em relação aos demais anos, as chuvas acumuladas em 2007 foram menores.

Assim, a imagem *Landsat* referente a esse ano, data do mês de maio, em que a precipitação foi zero, enquanto no mês de março e abril somente o município do Uibaí teve chuvas acima de 50 mm com 116,5 mm em março e 61,3 mm em abril, no mês de março nenhum dos demais municípios ultrapassaram 5 mm de chuva, no mês de abril a precipitação mais alta foi em Irecê com 27,3 mm, com exceção do município de Uibaí. Assim o NDVI do ano de 2007 não representa fielmente a vegetação caatinga devido aos baixos índices pluviométricos meses antes da retirada da imagem.

Gráfico 5 - Precipitação total mensal entre os anos de 2017 e 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Instituto Nacional de Meteorologia.

É apresentado no Gráfico 5 a precipitação entre o mês de novembro de 2017 a maio de 2018. Sendo o mês de fevereiro o que registrou a maior precipitação de 97,2 mm e a menor precipitação registrada em maio com 2,9 mm. É importante considerar a falta de dados do mês de outubro, assim a precipitação total ao longo desses meses foi de 356,5 mm. Essa foi a segunda menor precipitação total acumulada entre os Gráficos (2), (3), (4) e (5) ultrapassando apenas Ibititá entre 2006 e 2007.

Para esse intervalo a imagem *Landsat* data de 8 de fevereiro de 2018, sendo boa para representação dos valores de NDVI, uma vez que entre novembro, dezembro e janeiro a precipitação acumulada foi de 172 mm e logo após foi o mês mais chuvoso.

A precipitação interfere diretamente na agricultura e quantidade de água disponíveis em corpos d'água. De acordo com o Gráfico 1, ao longo dos anos a precipitação apresentou-se com um padrão, anos de altas e baixa precipitações, com relação direta a eventos de *El Nino* e *La Nina*. No final do gráfico a precipitação tem uma redução na média o que seria interessante o levantamento do estudo sobre a precipitação, que não é o objetivo da pesquisa.

5.3.1 Uso e ocupação do solo

5.3.2 Classificação das Imagens

A classificação supervisionada obteve índices *Kappa* médio acima de 94%, sendo 96,25% para o ano de 1987, 99,94% em 1997 e 94,89% em 2018. Considerando-se uma classificação excelente, de acordo Landis e Koch (1977), favorecida principalmente devido as classes de uso e cobertura do solo escolhidas (Tabela 6).

Tabela 7 - Classes do uso e ocupação do solo e sua descrição.

Classes do uso e ocupação do solo	Descrição
Vegetação natural	Vegetação Caatinga nativa ou recuperada e matas ciliares.
Agropecuária	Áreas destinadas a agricultura e/ou pecuária com presença da cobertura vegetal ou solo exposto.
Corpos d'água, Sombras, Afloramentos Rochosos e Malha Asfáltica.	Rios, riachos, lagoas, reservatórios, barragens, sombras de nuvens, sombras do relevo, afloramentos rochosos, mancha asfáltica das estradas.
Nuvens	Nuvens.
Cidades	Principais cidades da Bacia Hidrográfica.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Foram escolhidas somente 6 classes devido a resolução de 30 m da imagem *Landsat*, uma vez que cada pixel tem 900 m², diminuindo, assim, erros de classificação.

Alguns pesquisadores, como Siqueira et al. (2019), utilizaram mais de dez classes para análise do uso e ocupação do solo, obtendo-se coeficiente *Kappa* geral acima de 0,90 mesmo trabalhando com imagens *Landsat*. Porém, de acordo com Oliveira, Lima e Ribeiro (2018), quanto maior a resolução espacial, melhor será a classificação por distinguir diferentes classes. Assim, imagens com resolução de 0,5 a 5,0 m exigirão menos trabalho em campo para validação dos dados.

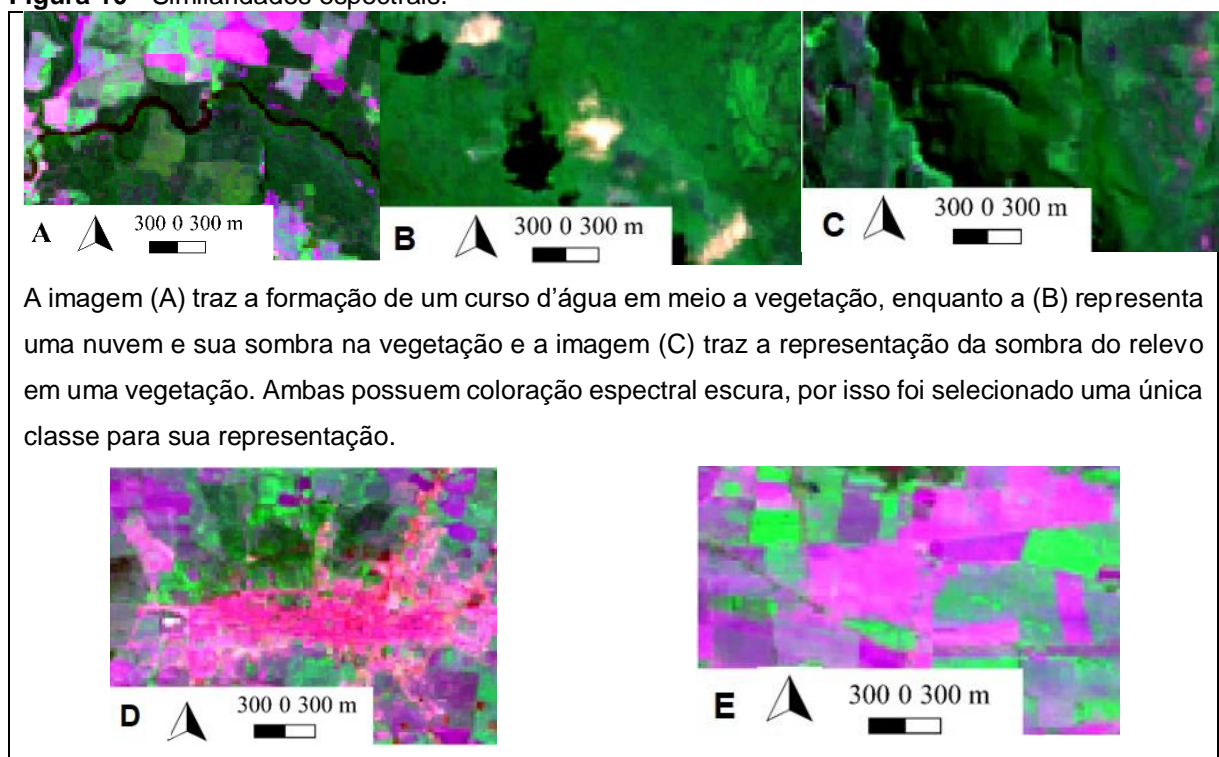
Nessa perspectiva, as classes escolhidas (Tabela 6) abordam as principais áreas da Bacia Hidrográfica, como exemplo da vegetação. Nessa está inserida a vegetação nativa, que varia de densidade de acordo com características ambientais e

antrópicas, as matas ciliares, as áreas em recuperação, ambas com a semelhança espectral entre elas, diminuindo a confusão entre as classes e melhorando-se o índice *Kappa*.

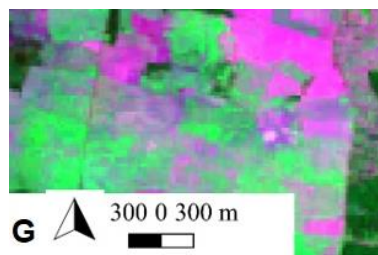
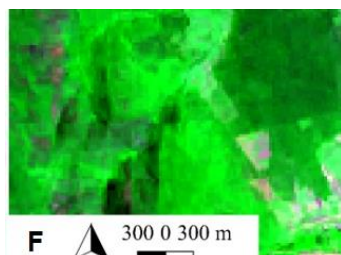
As confusões consistem em classificações errôneas do algoritmo devido características espectrais similares entre determinadas classes, sendo bastante comum em trabalhos com imagens *Landsat*. Oliveira Lima e Ribeiro (2018) relataram que algumas áreas de solo exposto foram classificadas de maneira errônea, confundida em maior parte com áreas urbanas, e vice-versa. Obodai et al. (2019) observaram classificações errôneas principalmente entre florestas abertas e terras agrícolas, mineração e florestas abertas. Siqueira et al. (2019) relataram confusões do algoritmo entre as classes corpos d'água, formações campestres com queimadas devido a semelhança espectral, além da confusão em formas de uso da agricultura com a classe campo degradado.

Esse trabalho apresentou algumas classificações errôneas entre as classes de vegetação e agropecuária, Vegetação e sombras, ocorrendo-se também o oposto em ambos. Assim fica evidente a similaridade espectral de algumas áreas diferentes na Figura 10.

Figura 10 - Similaridades espectrais.



A imagem (D) representa a cidade de Irecê em 1987, enquanto a imagem (E) demonstra áreas de solo exposto e vegetação. E vários pontos da cidade é notório a similaridade espectral com a área de solo exposto.



A Imagem (F) representa uma área com vegetação caatinga e a imagem (G) representa áreas com vegetação e solo exposto. Fica evidente em ambas a similaridade espectral nos tons de verde em determinados pontos da vegetação natural a da plantação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Sendo assim, mesmo com pequenas falhas a classificação supervisionada é uma excelente ferramenta para identificar o tipo de uso e ocupação do solo, ficando demonstrado, no presente estudo, denotado com um excelente índice *Kappa*, e podendo ser complementada com a caracterização do NDVI, possibilitando analisar as áreas em relação a densidade da cobertura vegetal, principal influenciador em processos erosivos.

Na literatura, os autores procuram definir as classes do NDVI da melhor maneira possível de acordo com seus objetivos. Barbosa, Carvalho e Camacho (2017) dividiram os intervalos de NDVI em 6 classes (-1,0 a - 0,18; -0,18 a -0,04; -0,04 a - 0,03; 0,03 a 0,14; 0,14 a 0,29 e 0,29 a 0,69). Já Bezerra et al. (2019) utilizaram 10 intervalos de NDVI para averiguar as características biofísicas, entre outros parâmetros, uma vez que sua finalidade era classificar o tipo de vegetação. Enquanto Liu, Zhang e Zhang (2018) utilizaram o NDVI junto com outros parâmetros e o dividiram em 5 classes em relação ao desenvolvimento da vegetação que foram, área sem vegetação, área com vegetação muito baixa, área com vegetação baixa, com vegetação média e vegetação alta.

A melhor classificação para o presente trabalho foi em 4 intervalos, ajustando-se melhor aos objetivos. A classificação foi dividida conforme a Tabela 7.

Tabela 8 - Classificação do NDVI.

Classificação	Intervalo NDVI
Corpos d'Águas	-1,0 - 0,0
Solo Exposto	0,0 - 0,3

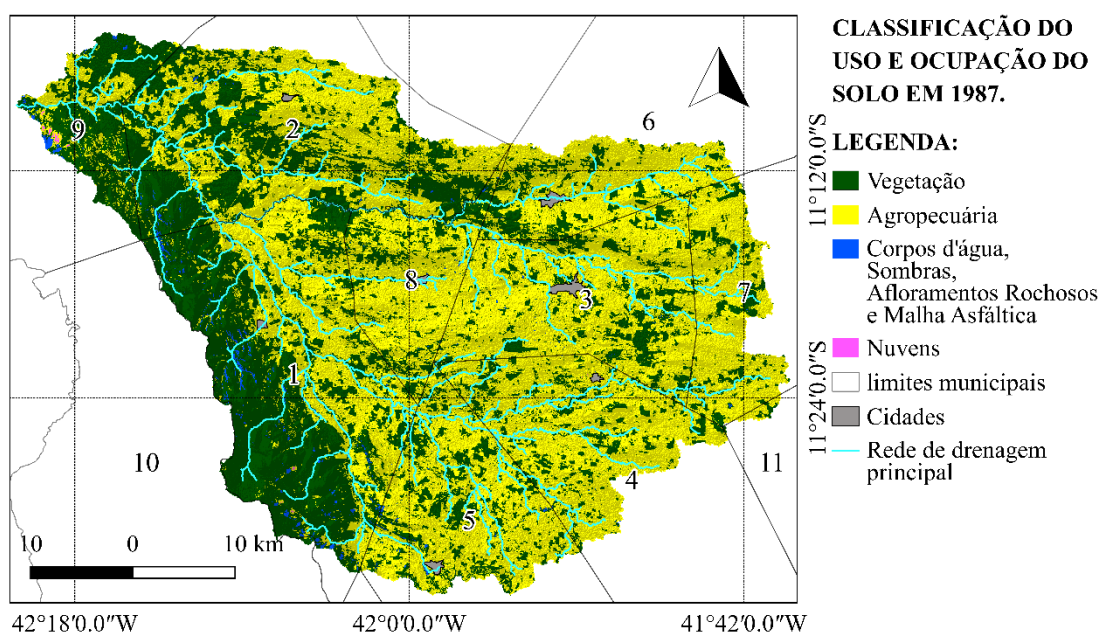
Vegetação não Densa	0,3 – 0,6
Vegetação Densa	0,6 – 0,9

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.3 Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica.

A Figura 11 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, para o mês de em abril de 1987. Neste ano, as grandes produções do tri-consórcio feijão, milho e mamona já estão se encerrando, pois, de acordo com Nepomuceno (2014), entre 1960 e 1990 marcou-se o apogeu da produção agrícola.

Figura 11 - Uso e Ocupação do Solo na bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em 1987.



Autor: Olávio Rocha Neto.

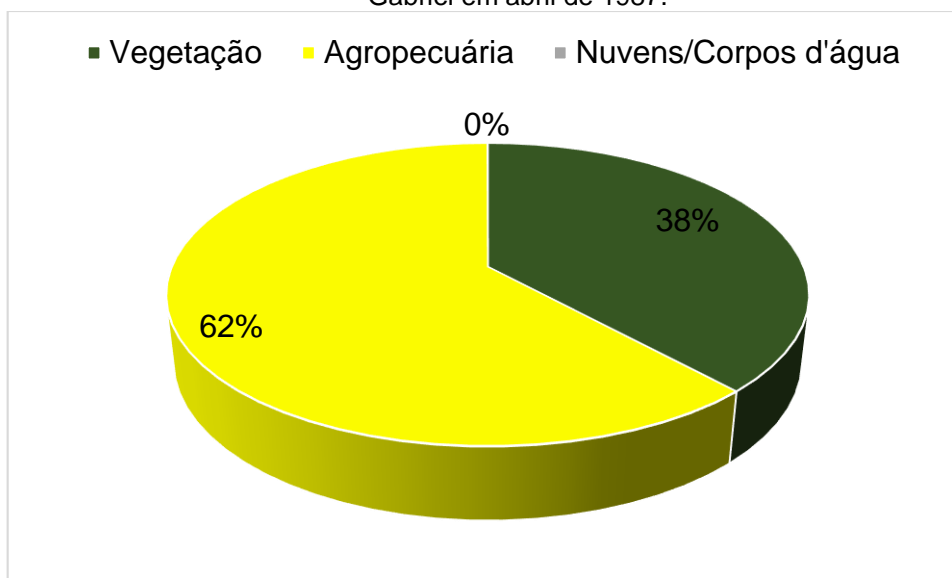
Ano: 2020.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Assim, em 1987, 61,82% da área da Bacia hidrográfica era destinada a atividades agropecuária, 38,14% à vegetação Caatinga e apenas 0,04% representa os corpos d'água, afloramentos rochosos e sombras, conforme pode ser observado no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Porcentagem do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em abril de 1987.



Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Pereira e Pereira (2013), foi em 1960 que começaram os grandes desmatamentos incentivados principalmente pelas linhas de crédito agrícola e só em 1994 essas linhas se tornaram mais inacessíveis. Assim, de acordo com Oliveira (2015), o crédito agrícola aumentou o crescimento de áreas cultivadas com plantações de sequeiro, possibilitando a aquisição de máquinas e insumos, proporcionando um aumento da produção agrícola.

Nesse contexto, é possível afirmar que em 1987 houve uma estabilização do uso e ocupação do solo em relação as modificações motivadas pela política do feijão, corroborando com Paiva et al. (2015) cujos resultados apontam que o município de Iapão sofreu maior supressão vegetal entre 1980 e 1989, para introdução da agropecuária no município em uma série histórica entre 1980 a 2007.

Como visto na Figura 11, em 1987 o Bioma Caatinga se encontra bastante fragmentado ao longo da Bacia, com exceção dos municípios de Uibaí (1), Central (2) e Itaguaçu (9), os quais detêm 645,56 km² dos 951 km² de vegetação da bacia, ou 67,88%.

O município de Uibaí (1) possui um relevo com altas declividades, devido a presença de serras, dificultando a utilização de maquinários agrícolas. Assim, no limite da bacia do seu território existem 60,0% (330,66 km²) de vegetação Caatinga. O mesmo acontece no limite territorial que contém a bacia em Itaguaçu da Bahia, com 73% (94,83 km²) da vegetação.

Já a bacia no município de Central (2) possui 46% (220,07 km²) de vegetação, porém os demais municípios possuem vegetação abaixo dos 30%. A área pertencente ao município de São Gabriel (6) contém uma das principais nascentes da Bacia e em seu âmbito somente 23,5% da área (39,9 km²) é coberta por caatinga. O município de Irecê (3), cuja extensão territorial está totalmente contida na bacia, possui 21,3% (69,93 km²) da sua área coberta por vegetação; Presidente Dutra (8) com 25,11% (42,14 km²); João Dourado (7) com 18,75% (28,46km²); Lapão (4) 19,38% (51,53 km²) e Ibititá (5) 26,9% (69,75 km²).

É interessante observar que no município de Presidente Dutra (8) a cultura em destaque foi a pinha, pois de acordo com Souza (2008) a partir da década de 1970 essa fruta começou a ser comercializada, disputando o seu cultivo com feijão, milho e mamona e a partir de 1985, começa a se destacar com instalações de Irrigações aumentando a produtividade, demonstrando a influência direta da agricultura na vegetação.

De acordo com Rocha et al. (2020) e Paiva et al. (2015), em 1987 e 1989 os municípios de São Gabriel e Lapão possuíam mais vegetação nas áreas distantes do município de Irecê. Assim, percebe-se, ao analisar a Figura 11, que a expansão agrícola começou em volta do município de Irecê, provavelmente devido a facilitação do escoamento da produção.

Nessa perspectiva, as grandes áreas são destinadas a atividades agropecuária que se instalaram de forma intensa a partir de 1960. O sistema de plantio adotado consistia na remoção da vegetação por queimada, seguida do arado e logo após, o plantio de sequeiro.

Outro fator importante é que ao longo da extensão da rede de drenagem, na bacia (Figura 11) é evidenciado que os possíveis leitos são destinados para fins de agropecuária. Segundo Souza (2008), as principais áreas desmatadas são aquelas próximas aos vales, no leito dos riachos, uma vez que possuem mais umidade, sendo preferida pelos agricultores. Fato que desencadeia uma série de impactos ambientais, como intensificação da erosão do solo, assoreamento dos corpos d'água, entre outros.

Em muitas propriedades eram plantadas em tri-consórcio, porém, é muito comum a monocultura do feijão, milho e mamona. As plantações não seguiam curvas de níveis, não havia reposição de nutrientes, conforme pode ser observado na Figura 12. Assim, as áreas destinadas a agropecuária nessa época já estavam susceptíveis a degradação.

Figura 12 - Representa o Plantio de milho do lado esquerdo e o plantio de Feijão do lado direito, ambos sem práticas de conservação do solo (1962).

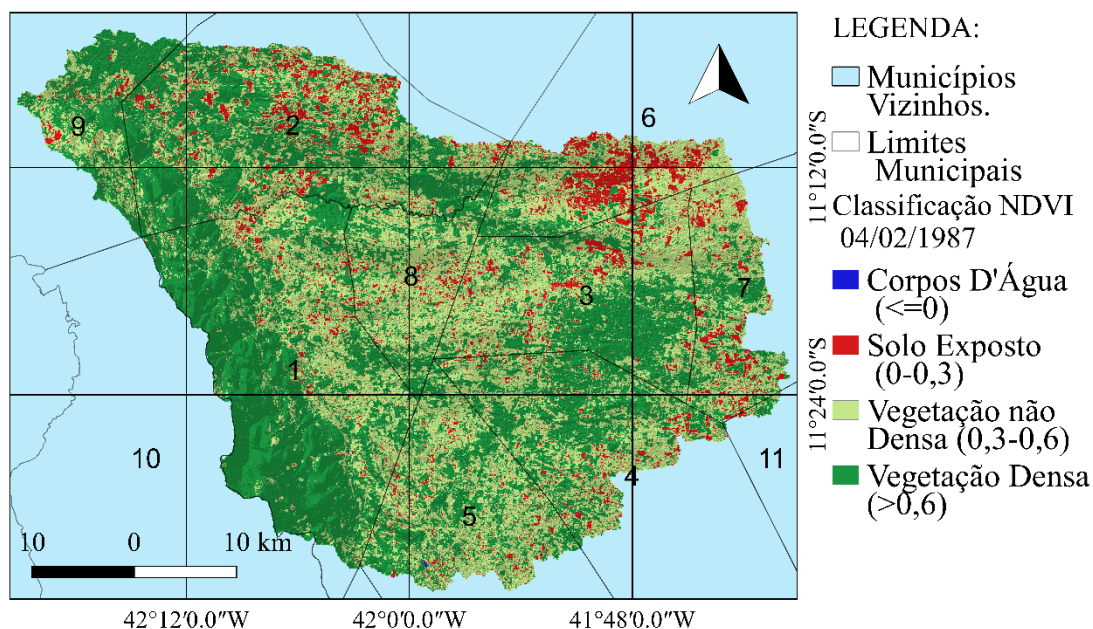


Fonte: Acervo do IBGE.

Assim, os valores de NDVI entram para interpretação da cobertura vegetal do solo.

A Figura 13 e o Gráfico 7 representam o NDVI no mês de fevereiro de 1987, contribuindo para identificação da cobertura vegetal, além de diferenciar áreas com vegetação Caatinga das áreas cultivadas. 47,80% da bacia possui classificação com intervalo maior que 0,6, quando subtraído com as informações do SCP 9,66% desse intervalo representa áreas com agricultura bem desenvolvida, mais evidente no município de Irecê (3), João Dourado (7) e Lapão (4). Nesse ano, 43,70% da bacia encontra-se com intervalo de NDVI entre 0,3 e 0,6, caracterizando uma cobertura vegetal menos densa, áreas em que a cultura desenvolvida não cobre totalmente o solo. Assim, a maior parte dessa área foi destinada a agricultura, principalmente devido ao mês de abril, uma vez que nesse período as chuvas estão se encerrando e a produção agrícola já está em seu ápice.

Figura 13 - NDVI abril de 1987.



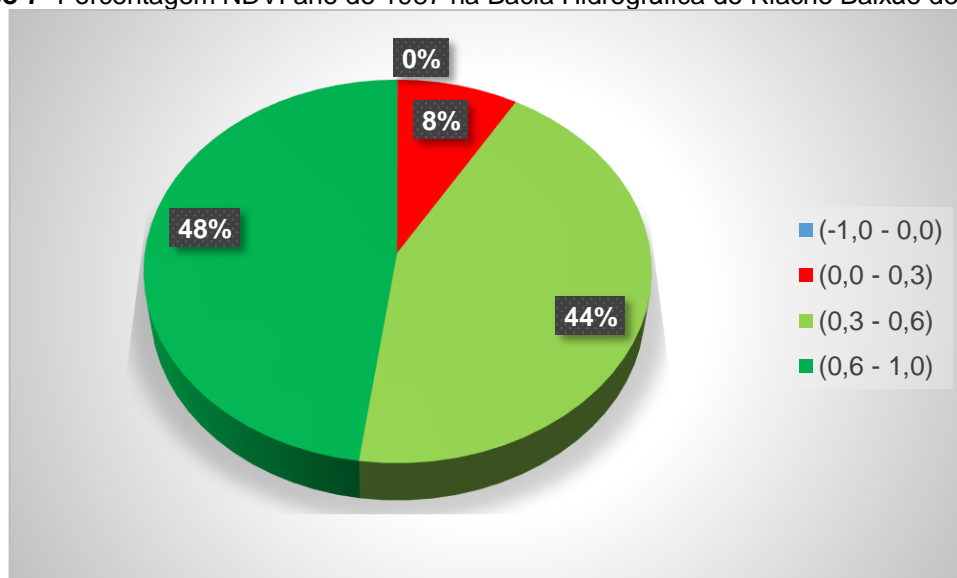
Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Gráfico 7- Porcentagem NDVI ano de 1987 na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em 1987 apenas 8,48% da área apresenta intervalo característico de solo exposto com a maior incidência entre os municípios de São Gabriel (6) e Central (2), mas com pequenas áreas espalhadas ao longo da Bacia. Para Weber, Schaeppmanstrub e Ecker (2018), o NDVI apresenta valores baixos em áreas que houve intensa remoção da biomassa para o preparo do solo e pastagens. Corroborando com as

pesquisas de Nepomuceno (2014), a qual afirma que o salto da mecanização e o elevado índice de maquinários agrícolas na política do feijão fomentou a economia e aumentou a supressão vegetal na região. Assim foram aparecendo, cada vez mais, novas áreas de solo exposto com o intervalo de 0,0 e 0,3.

Esse intervalo é muito comum no início da produção agrícola, uma vez que a cobertura vegetal é removida para dar início ao preparo do solo, Figura 14, e no final da produção em que espécies como feijão e milho são utilizadas como forrageira para animais, provocando áreas com solo exposto.

Figura 14 - Solo limpo e arado para o plantio no Município de São Gabriel.

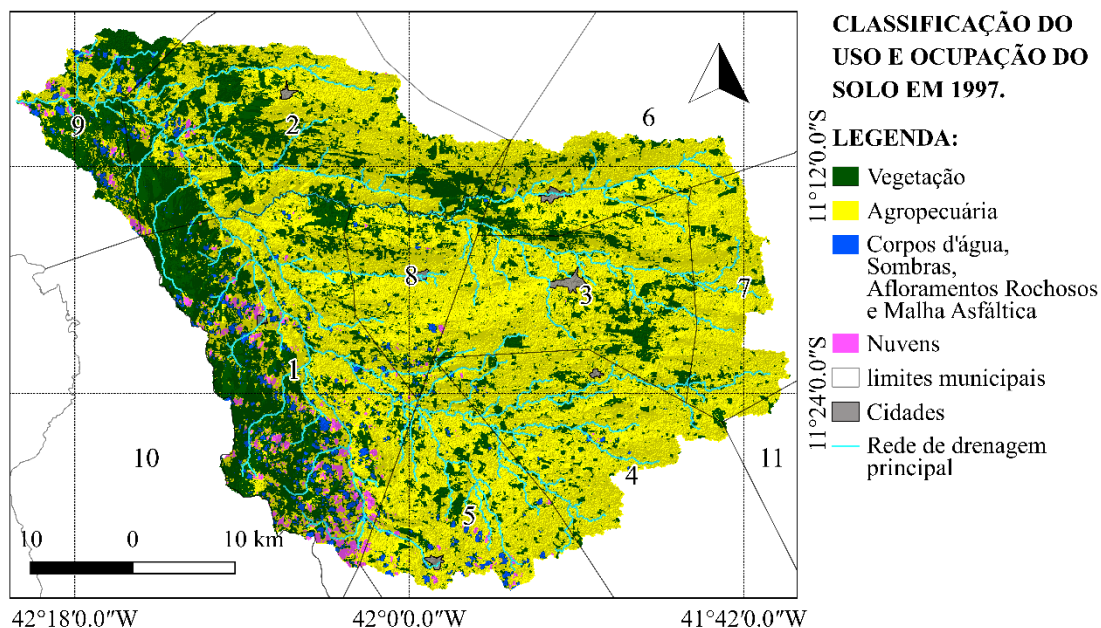


Fonte: Acervo do autor (2020).

Assim esse intervalo é o mais delicado, pois indicam as áreas mais susceptíveis a erosão e degradação do solo.

Está representado na Figura 15 o mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica em fevereiro de 1997. Este mapa evidencia uma cobertura de nuvens no Sudoeste da Bacia. Autores como Zheng (2015) comentam que existem dificuldades em conseguir imagens do satélite *Landsat* sem a presença de nuvens. Liu, Zhang e Zhang (2018) também relataram a presença de nuvens em seu trabalho e optaram pela realização do mosaico de imagens em meses distintos no mesmo ano, melhorando a classificação.

Figura 15 - Uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em 1997.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2020.

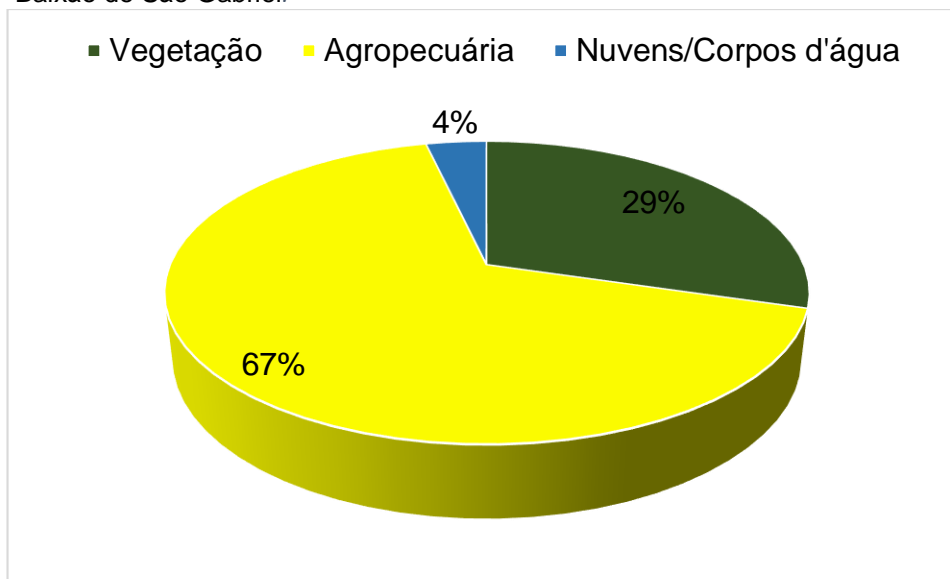
Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

A cobertura de nuvens na bacia abrangeu 1,64% da área total, aumentando a classificação de corpos d'água, nuvens e sombras, uma vez que essa aumentou de 0,04%, para 2% nesses dez anos, devido a formação de sombras.

Quanto à vegetação, essa diminuiu 8,6% em relação 1987, passando a ocupar 29,56% (743,47 km²) da área total, enquanto a área destinada a agropecuária aumentou para 66,8% (1679,05 km²) da Bacia. O Gráfico 8 traz informações do uso e ocupação do solo na bacia em 1997.

Gráfico 8 - Classificação do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.



Fonte: Dados da pesquisa.

Como visto, após o fim do crédito agrícola, as áreas destinadas a agricultura continuaram avançando sobre a vegetação, agregando aproximadamente 208 km² do Bioma, entre esses dez anos, de forma dispersa, contribuindo ainda mais para fragmentação deste.

As áreas com maiores conservações da vegetação, Uibaí (1), Itaguaçu (9) e Central (2), que em 1987 correspondiam a 645,56 km² da área florestada, em 1997 reduziu 135,71 km², passando a ter 509,85 km². Mesmo com o aumento das áreas sombreadas e de nuvens a agricultura aumentou proporcionalmente.

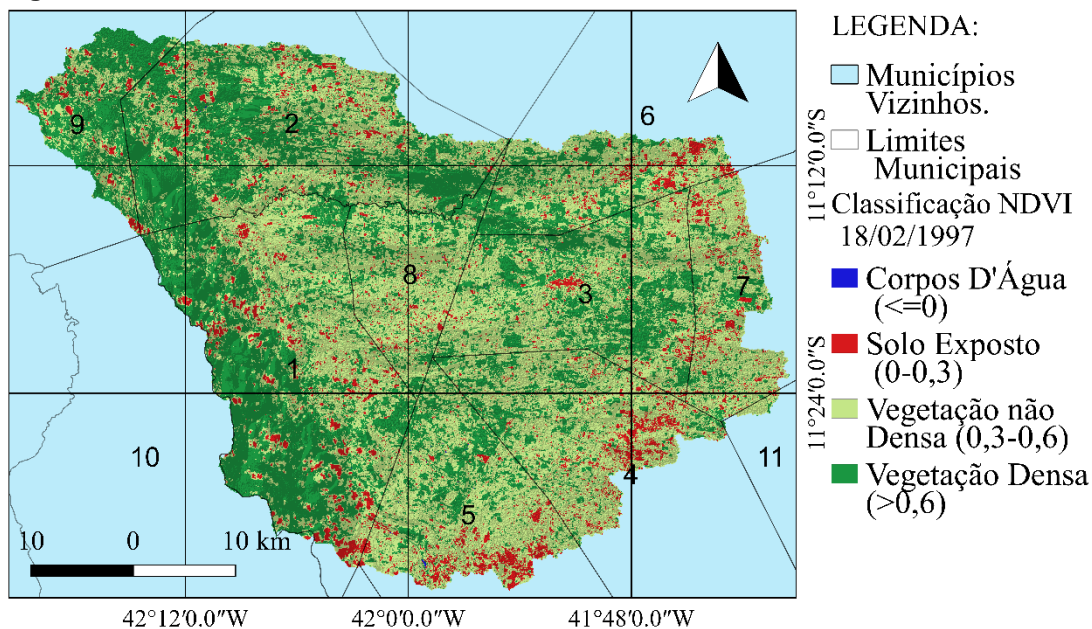
O município de Uibaí (1) teve a maior perda de vegetação, uma vez que na década anterior a vegetação ocupava 330,66 km² (60,1%) da área total do município, valor que foi reduzido para 238,96 km² (43,3%) em 1997. Seguido da redução de 35,74 km² em Presidente Dutra (8); 28,6 km² em Central (2); 26,85 km² em Ibititá (5); 16,13 km² em Lapão (4); 14,39 km² em Itaguaçu (9); 12 km² em João Dourado (7); 4,65 km² em Irecê (3) e 4,31 km² em São Gabriel (6).

Dados que se tornam ainda mais interessantes ao olhar o comportamento do NDVI em 1997, na Figura 16, que apresentou maior cobertura vegetal do solo do que a década anterior.

A Figura 16 representa a classificação do NDVI na bacia no ano 1997 e o Gráfico 9 seus respectivos intervalos em porcentagem. A área com indicativo da vegetação densa reduziu 18% em relação a 1987, passando a corresponder 39,46%

da área total. Quando subtraído esse valor com a área da vegetação (Figura 15) sobram 9,9% provavelmente devido a agropecuária, mais evidente no município de Lapão (4), Ibipeba (5) e Irecê (3).

Figura 16 - NDVI fevereiro de 1997



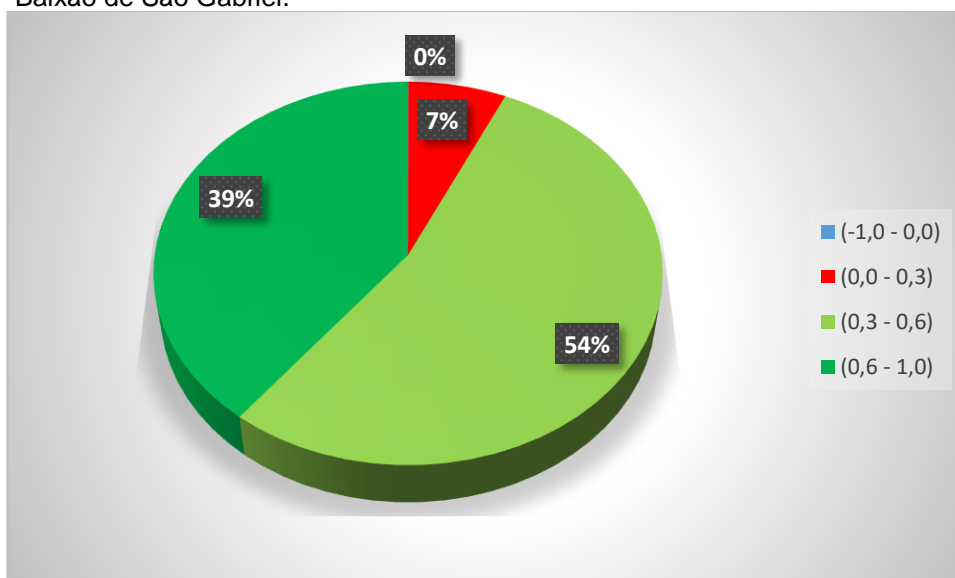
Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Gráfico 9 - Porcentagem NDVI ano de 1997 para Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.



Fonte: Dados da pesquisa.

A maior parte da bacia 53,70% ficou com um intervalo de classificação indicando a presença da vegetação não densa, 23% maior que o ano de 1987. Assim, devido ao mês escolhido provavelmente são terras cultivadas, podendo-se haver também áreas com o crescimento espontâneo da vegetação devido ao abandono das terras.

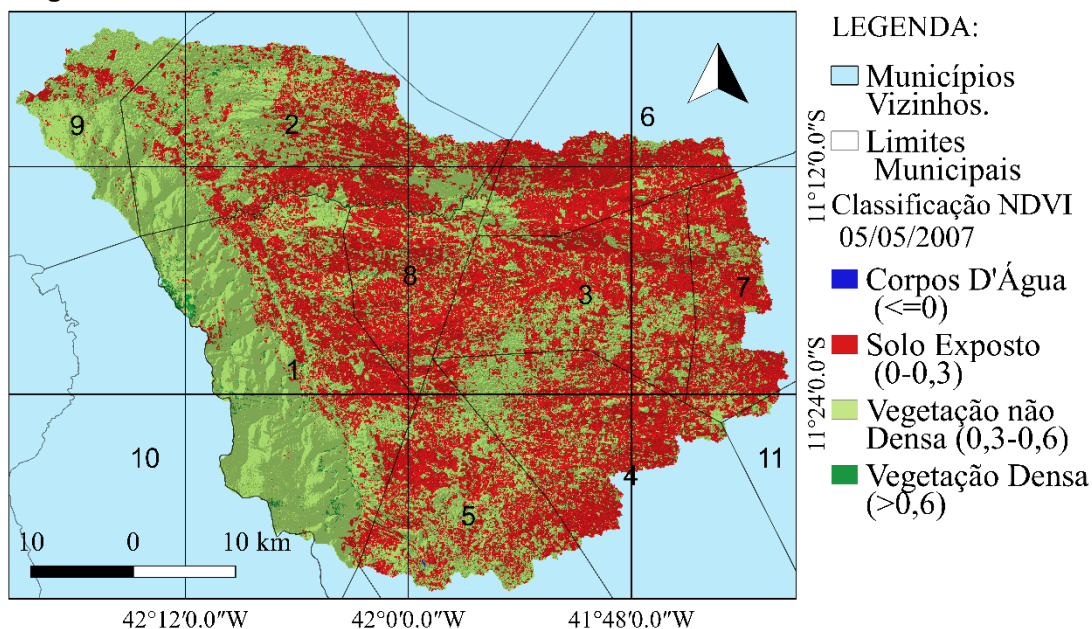
Mesmo não sendo a maior parte de vegetação caatinga, esse intervalo contribui para uma menor redução de processos erosivos desde que a agricultura seja manejada corretamente.

De acordo com Zhou, Yamazuchisuma e Arjasaku (2017), o aumento de áreas cultivadas diminui a área de solo exposto, assim aumentando os valores de NDVI em áreas que possuíam solo exposto. Fator explícito na Figura 16, uma vez que a área de solo exposto diminuiu de 8,58% para 6,82% nos últimos dez anos.

É interessante observar que as áreas de solo exposto em 1987 possuem localização diferente em relação a 1997, pois os agricultores podem desistir do plantio, plantar em meses diferente e entre outros fatores. Assim nessa data ela se encontra mais distribuída ao longo da bacia, além disso as áreas com esse intervalo no sudoeste da bacia correspondem as nuvens que tiveram valores de NDVI enquadrados no intervalo de 0,0-0,3.

Apenas 0,02% da bacia permaneceu com intervalo abaixo de 0,0 mantendo-se constante em relação ao ano de 1997.

Figura 17 - NDVI em maio de 2007.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

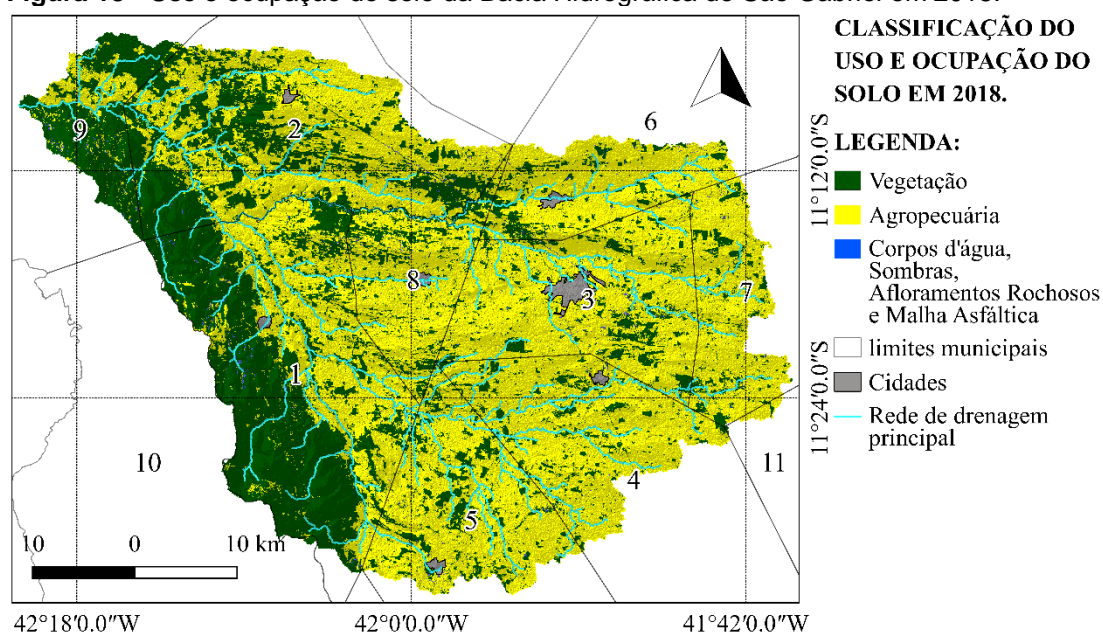
A Figura 17 representa a bacia no ano de 2007, porém ela não representa fielmente as informações do NDVI devido a precipitação neste ano. A imagem registra o mês de maio, portanto ela só reforça a afirmativa da importância de imagens coletadas em períodos chuvosos no semiárido para obtenção de bons resultados.

Mesmo com menores valores de NDVI, Barbosa, Carvalho e Camacho 2017 utilizaram imagens de satélite no período seco com a intenção de classificar a vegetação quanto a sua cobertura foliar e perceberam que alguns ambientes proporcionavam a cobertura foliar da vegetação, sendo essas áreas próximas a riachos nascentes e serras. É justamente o que acontece na Figura 17, as áreas com maiores valores de NDVI continuam sendo a área serrana, principalmente devido ao relevo ser impróprio para agricultura, além de ser uma área de preservação permanente.

Nessa imagem percebe-se que a classificação da vegetação densa foi de apenas 0,72% da área total, porém toda a região montanhosa ainda possui a vegetação caatinga densa. Em seus estudos Barbosa, Carvalho e Camacho (2017) relatam que em intervalos de -0,04 e 0,03 já é possível encontrar cobertura vegetal menos densa, porém eles só utilizaram imagens do período de estiagem. Como o

presente estudo é focado no período chuvoso a classificação por NDVI do ano 2007 não será utilizada para comparações e afirmações.

Figura 18 - Uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica de São Gabriel em 2018.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2020.

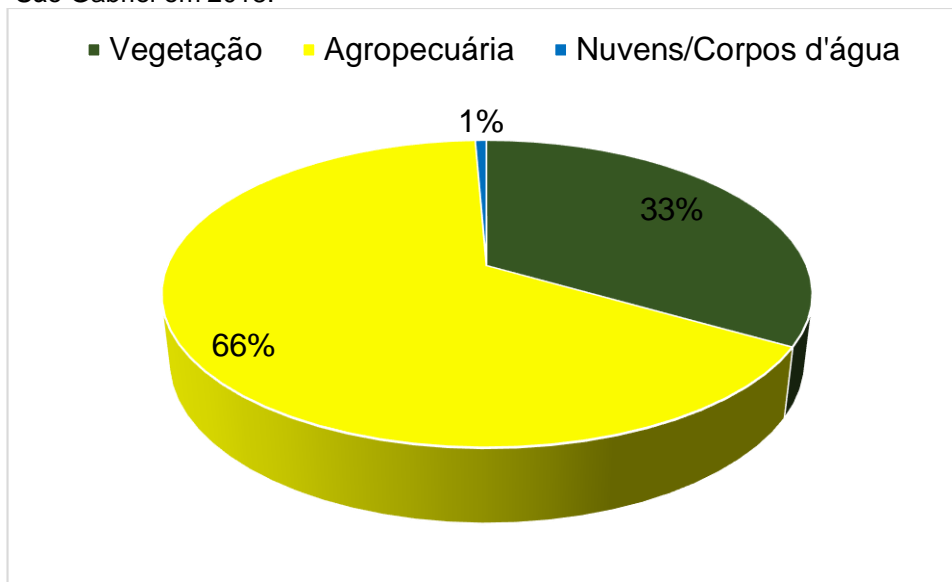
Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Está ilustrado na Figura 18 o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica em fevereiro de 2018. A área destinada a vegetação aumentou entre 1997 e esse ano, em que saltou de 743,47 km² (29,57%) da área total, para 837,14 km² (33,31%) em 2018. Porém nessa data não se obteve a presença de nuvens, e como visto em 1997 1,62% da área foi classificada como nuvem e 1,9% como sombras, corpos d'água, mais presente na área serrana onde prevalece a maior vegetação.

O Gráfico 10 traz as informações do uso e ocupação do solo na bacia em 2018.

Gráfico 10 - Uso e ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel em 2018.



Fonte: Dados da pesquisa.

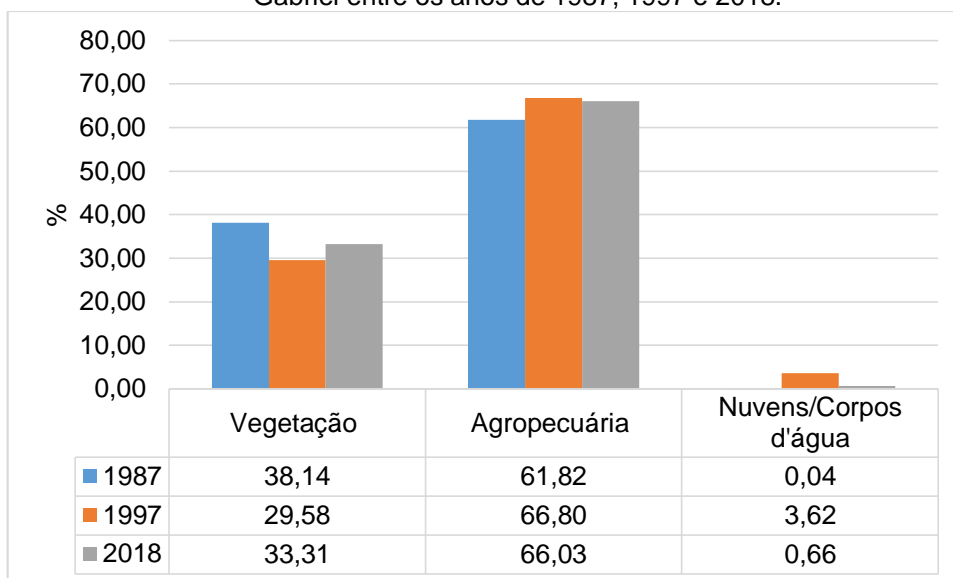
Assim esse pequeno aumento pode-se atrelar a não cobertura de nuvens que possibilitou classificar áreas que antes estavam impedidas.

O município de Uibaí (1) em 2018 continha 329,74 km² da área com vegetação; Central (2) 192,5 km² e Itaguaçu (9) 99,65 km². Ao total ambos detêm 74,3% (622,04 km²). Em 1987 as somas de ambos correspondiam 645,55 km² e em 1997 correspondia a 509,85 km², porém esse último foi registrado 73,29 km² de sombra e nuvens nessa área o que explica a diminuição da vegetação na bacia hidrográfica, também apontado que entre 1997 e 2018 houve recuperação da vegetação.

Os demais municípios perderam vegetação, Irecê em 2018 possuía apenas 14,43% (46,85 km²) de seu território coberto; Presidente Dutra (8) 36,16% (21,56 km²), Central (2) 192,65 km², João Dourado (7) 22,01 km², Lapão (4) 34,43 km²; Ibititá (5) 47,59 km² e São Gabriel (6) 26,12 km².

O gráfico 11 traz a comparação entre o uso do solo ao longo dos anos estudados.

Gráfico 11 - Comparação do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel entre os anos de 1987, 1997 e 2018.



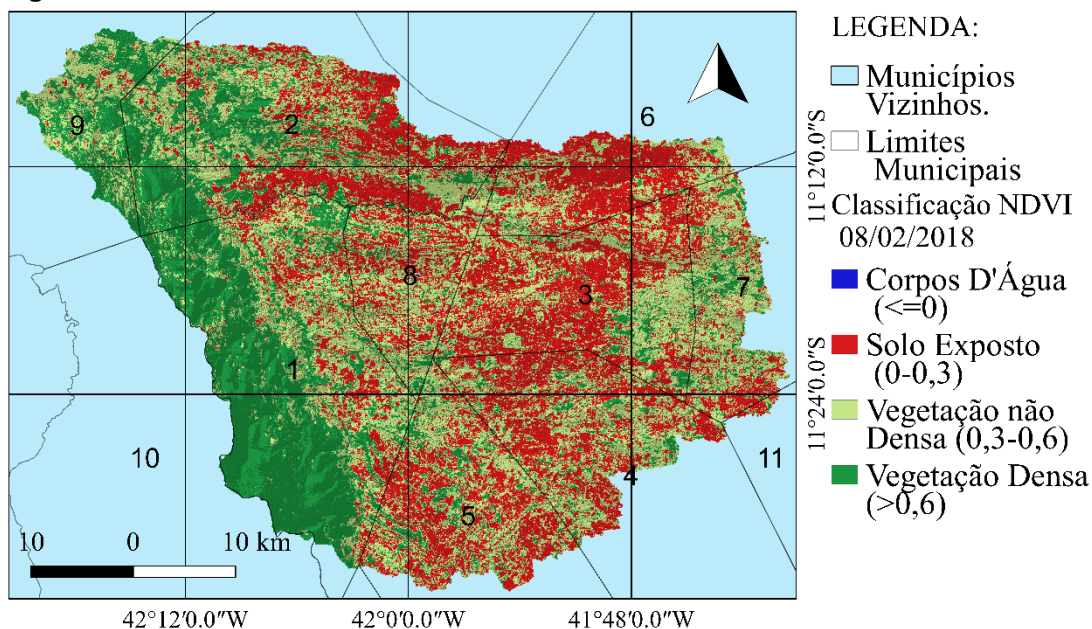
Fonte: Dados da pesquisa.

Entre 1987 a 2018 a vegetação reduziu 114,36 km² (4,82%). Nesse intervalo de 31 anos a área agrícola expandiu-se 117 km² passando a ocupar 66% da Bacia hidrográfica. A área classificada como corpo d'água obteve extensão de 0,66%.

Nessa perspectiva a dinâmica do uso e ocupação do solo teve uma mudança significativa entre os anos de 1987 a 2018, como já mencionado a maior supressão vegetal foi entre a década de 1960 e 1970. Já no intervalo estudado ainda prevaleceu o avanço da agropecuária em áreas pertencentes ao bioma Caatinga.

Quando se analisa o uso e ocupação do solo em 2018 através do NDVI a mudança é mais acentuada, figura 19.

Figura 19 - NDVI fevereiro de 2018.



Autor: Olávio Rocha Neto.

Ano: 2019.

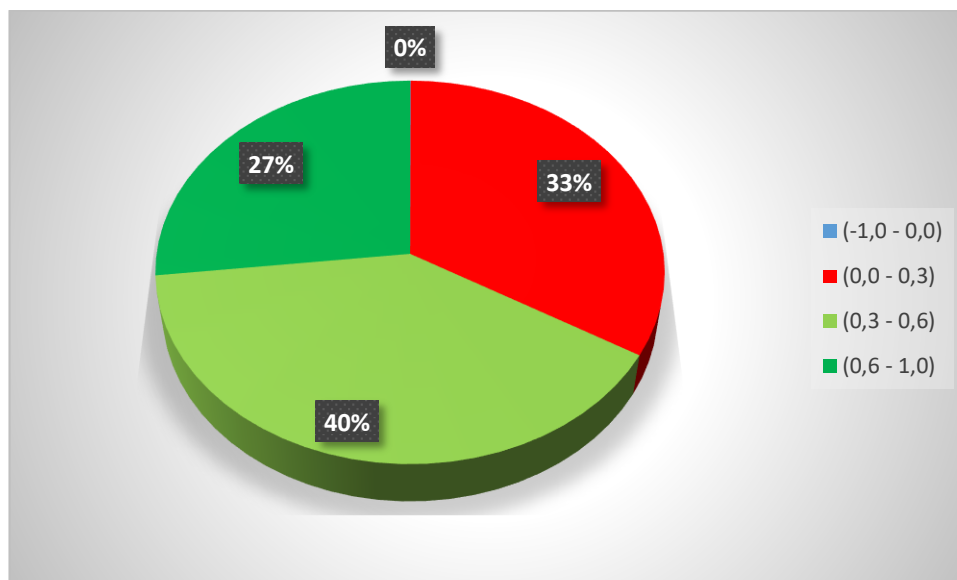
Sistema de Coordenadas Geográficas: SIRGAS 2000.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

No ano de 2018 o NDVI, Figura 19, com a classificação da Vegetação Densa diminuiu para 26,79%, 32,1% a menos em relação a 1997 e 43,95% a menos que o ano de 1987. Enquanto na classificação pelo SCP, figura 18 a área com vegetação representa 33% da área total.

O Gráfico 12 representa a porcentagem da cobertura vegetal do solo em 2018 através do NDVI.

Gráfico 12 - Porcentagem NDVI ano de 2018 na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel.



Fonte: Dados da pesquisa.

O intervalo de Vegetação não Densa corresponde a uma área 39,72% de extensão, 26,03% a menos que 1997 e 9,1% a menos que 1987. Porém o destaque é a classificação de solo exposto, pois passou a ocupar 33% da área da bacia, número esse 293,57% maior que o ano de 1987 e 390,61% maior que o ano de 1997.

No trabalho realizado por Nepomuceno (2014), na Região de Irecê, foi utilizado um índice SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) no mês de janeiro do ano 2000 até 2012, sendo constatada uma baixa atividade nesses anos, principalmente na área denominada maciço do feijão, onde se localiza a Bacia Hidrográfica do Baixão de São Gabriel.

Assim, em uma visão geral, houve a permanência de grandes áreas sem cobertura vegetal ao longo dos anos, contribuindo para degradação do solo em geral na região.

Nessa visão, Junior (2004) relatou a presença de erosão laminar, ravinas e voçorocas na região de Irecê, em especial na bacia hidrográfica do Baixão no limite do município de São Gabriel. Abreu (2010) identificou poços nas nascentes do riacho principal, a perda das matas ciliares, o assoreamento do Riacho. Ambos comentam da possibilidade da redução da fertilidade do solo devido ao cultivo sem reposição de nutrientes. Impacto esse comentado por Oliveira (2015) como um dos pontos que levou a redução da produtividade do município.

Nepomuceno (2014) também identificou processos erosivos, cultivos em áreas com alta declividade. Um outro fator ambiental analisado por Junior (2004), Souza (2008), Abreu(2010) e Nepomuceno (2014) é a grande quantidade de poços artesanais na região em geral, muitos instalados de forma clandestina. Ambos autores comentam sobre a possibilidade da salinização do solo.

Souza (2008) destaca que no município de Presidente Dutra a falta de controle na perfuração de poços artesanais e na utilização da água proveniente do lenço freático ameaça o desenvolvimento sustentável.

Além disso o uso indiscriminado desse recurso natural foi uma das principais hipóteses para explicar a subsidência do solo e o aparecimento de rachaduras no município de Lapão. Porém alguns autores como Maia, Dias Neto e Corrêa-Gomes (2010) afirmam que a principal suspeita é o lançamento de esgoto e águas servidas das atividades agrícolas, uma vez que sua acidez facilita a dissolução das rochas carbonáticas presentes na estrutura geológica da bacia.

Em contrapartida um estudo elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB / CPRM) no município de Lapão concluiu que em determinadas áreas a “correlação entre o poço e o distúrbio dos horizontes resistivos é bastante clara, indicando que a associação entre retirada de água do subsolo, rebaixamento do nível freático e a existência de um substrato calcário enfraquecido por processos de dissolução é bastante danosa para a aceleração do processo de formação de dolinas no local”.

Rocha (2013) Comenta dos impactos ambientais acontecidos em Lapão, destacando o fissuramento em edificações e propriedades rurais. Além disso é comentado pelo mesmo o cancelamento de eventos como o carnaval antecipado, cancelado em 2012 e 2013, trazendo percas econômicas para o município, uma vez que fomentava a economia atraindo vários turistas.

Assim em um contexto geral já comentado da Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel percebe-se que esta caminha para a desertificação.

De acordo com Dourado (2017) a região de Irecê nos anos 2000 e 2014 tinha suscetibilidade moderada ao processo de desertificação em uma escala de suscetibilidade, baixa, moderada, alta e muito alta. Lobão e Vale (2013) também estudaram áreas susceptíveis a desertificação no estado da Bahia, selecionando polos como a região de Irecê em que os valores apontam uma classificação predominante vulnerável seguida em menor parte da fortemente vulnerável. Sendo essas as duas maiores classes entre quatro de vulnerabilidade em sua pesquisa.

Devido a esse cenário o Governo da Bahia em parceria com o INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) e o PAE (Plano de Ação de Emergência) desenvolveram um Plano Estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, em que foi feito um levantamento da situação na Bahia e várias estratégias para abrandar os impactos da desertificação.

Porém no próprio plano é relatado na região de Irecê a falta de fiscalização em todos os municípios desacreditando programas governamentais de combate contra a seca.

5.3.4 Visita em Campo da Bacia Hidrográfica

A figura 20 registra o uso da queimada para limpar o solo e dar início ao plantio, técnica comum na Bacia hidrográfica.

Figura 20 - Queimada para supressão vegetal na zona rural do município de Central.



Fonte: Acervo do Autor (2020).

Normalmente, após a queimada, remove-se os vestígios da vegetação e em seguida o solo é arado e plantado. Eventos registrados nas figuras 21 e 22, ambas retiradas no mesmo ambiente na zona rural do município de São Gabriel. Enquanto a Figura 21 registra o solo arado e limpo no mês de janeiro, a Figura 22 registra o desenvolvimento da monocultura da mamona no mês de junho. Esse desenvolvimento do plantio é um dos fatores que elevam os valores de NDVI da Bacia em áreas classificadas com o desenvolvimento da agropecuária.

Figura 21- Solo arado na zona rural do município de São Gabriel para o início da plantação em janeiro de 2020



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 22 - Desenvolvimento da monocultura da mamona na zona rural do município de São Gabriel no mês de junho de 2020.



Fonte: Acervo do autor (2020).

O plantio de sequeiro do milho também é bastante comum, como o representado na Figura 23. Já no município de Presidente Dutra se destaca o cultivo da pinha, (Figura 24), e no de João Dourado o cultivo da cebola, (Figura 25).

Figura 23- Agricultura de Sequeiro do milho no município de São Gabriel.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 24 - Cultivo da cebola irrigada no município de João Dourado



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 25 - Cultivo da Pinha no município de Presidente Dutra



Fonte: Acervo do autor (2020)..

Várias outras culturas agrícolas vêm ganhando espaço na Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel. Na figura 26 está registrado o cultivo da cenoura, no município de Lapão; na Figura 27 o sorgo; na Figura 28 hortaliças no sistema orgânico; e na Figura 29 o solo arado com o desenvolvimento de Bananeiras.

Figura 26 - Irrigação do cultivo da cenoura com o sistema de Pivô central no município de Lapão.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 27 - Monocultura do Sorgo no município de João Dourado.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 28 - Irrigação de Hortaliças de forma orgânica no município de São Gabriel.



Fonte: Acervo do autor (2020).

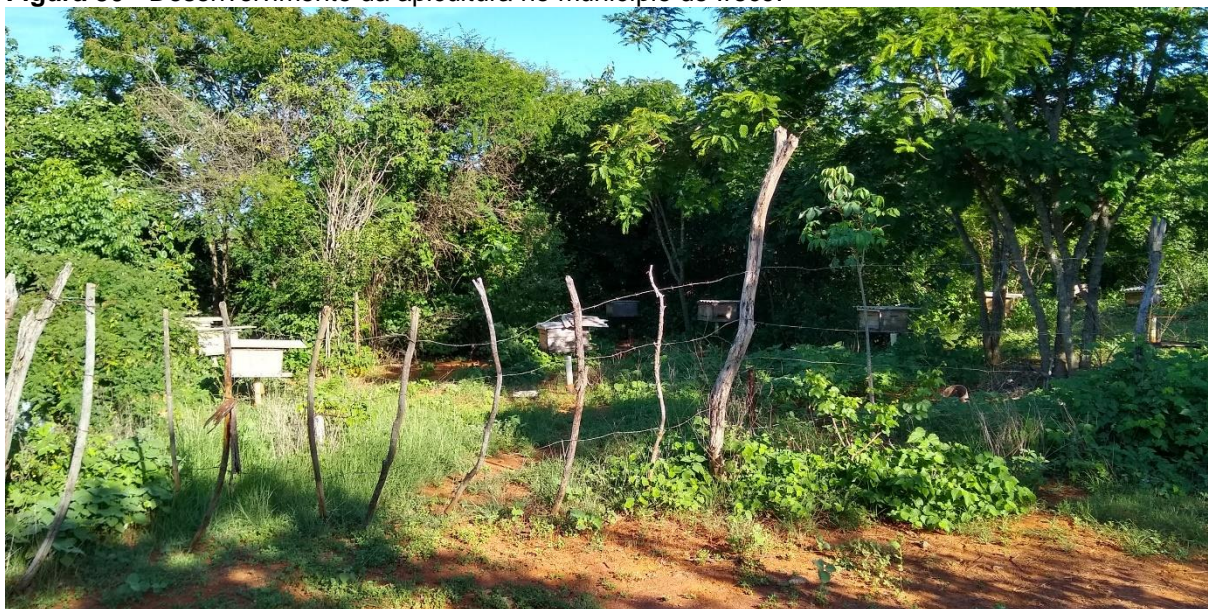
Figura 29 - Solo arado e o desenvolvimento do cultivo de Bananeiras no município do Uibaí.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Uma atividade que tem grande potencial na bacia hidrográfica é a apicultura, uma vez que ela tem os recursos naturais necessários, além dos apicultores reflorestarem áreas de caatinga ou preservá-las diminuindo a quantidade de solo exposto (Figura 30).

Figura 30 - Desenvolvimento da apicultura no município de Irecê.



Fonte: acervo do autor (2020).

Os leitos dos riachos da Bacia hidrográfica de São Gabriel estão registrados nas Figuras 31, 32, 33 e 34, comprovando a predominância de atividades antrópicas, principalmente agropecuária e expondo a supressão da mata ciliar, o cultivo em áreas com alta declividade, processos de erosão hídrica, assoreamento do leito, desenvolvimento de culturas agrícolas e pastos, além da pecuária extensiva.

Figura 31 - Leito Riacho do Jaú no povoado de Hidrolândia do município de Uibaí.



Fonte: Acervo do Autor (2020).

Figura 32 - Leito Riacho do Jaú no povoado de Hidrolândia no município de Uibaí.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 33 - Leito Riacho Baixão no município de São Gabriel



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 34 - Leito do Riacho de Baixão de São Gabriel no Município de São Gabriel.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Provavelmente devido as chuvas torrenciais e baixa cobertura vegetal, o período chuvoso é característico de grandes vazões no leito do Riacho São Gabriel, que dura poucos dias, diminuindo-se assim a quantidade de água infiltrada no solo (Figuras 35 e 36), além de outros problemas ambientais como inundações e enchentes, que também estão ligados a outros fatores.

Figura 35 - Cheia no Riacho Baixão de São Gabriel no Município de São Gabriel.



Fonte: Acervo do autor (2020).

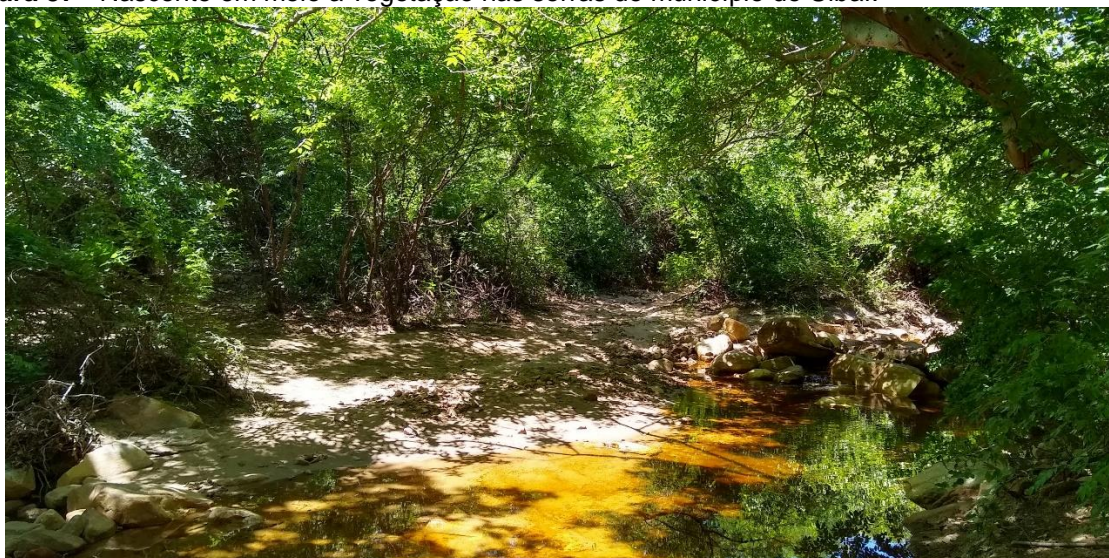
Figura 36 - Cheia no Riacho Baixão de São Gabriel no Município de São Gabriel.



Fonte: Acervo do autor (2020).

A Figura 37 registra uma nascente em meio a vegetação na área serrana do município de Uibaí.

Figura 37 - Nascente em meio a vegetação nas serras do município do Uibaí.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Devido às grandes áreas de solo exposto no fim do período de estiagem e início de período chuvoso grandes nuvens de poeira foram registradas nos últimos anos por causa do processo de erosão eólica, evento que vem se tornando comum na Bacia Hidrográfica, (Figuras 38 e 39).

Figura 38 - Nuvens de Poeira no centro do município de São Gabriel devido a erosão eólica



Fonte: Acervo do autor (2020).

Figura 39 - Erosão Eólica na Bacia Hidrográfica de São Gabriel.



Fonte: Acervo do autor (2020).

Existem outras atividades antrópicas com altos impactos ambientais, porém com menores ocupações na bacia hidrográfica a exemplo dos lixões, (Figura 40), Mesmo com a existência de um aterro sanitário para atender a região, os municípios ainda possuem o lixão em funcionamento.

Figura 40 - Lixão em funcionamento na Bacia Hidrográfica do Município de São Gabriel.



Fonte: Acervo do Autor (2020).

6 CONCLUSÕES

A Bacia Hidrográfica do Riacho Baixão de São Gabriel tem predominância de relevo plano, facilitando a mecanização agrícola. De acordo com os fatores de forma a bacia não está susceptível a enchentes e possui uma boa drenagem. Porém as características morfometrias indicam suscetibilidade a erosão.

A precipitação nas últimas décadas apresentou comportamento similar com picos de alta e baixa, sendo necessários mais estudos para afirmações sobre irregularidades na precipitação e aumento de eventos de seca.

Quanto a classificação supervisionada esta mostrou-se bem eficiente com índice Kappa acima de 94%, possibilitando identificar as áreas com vegetação, agropecuária, corpo d'água e nuvens.

Em 1987 a bacia tinha 38% da sua área com a vegetação Caatinga e 62% desta destinada a agropecuária. 32 anos depois, em 2018, tinha 33% da área, com caatinga e 66% destinada a agropecuária. Dentre os municípios os que detém as maiores áreas com vegetação natural ao longo dos anos foram Uibaí, Itaguaçu e Central com os demais municípios compreendendo menos de 30% de vegetação em seus limites.

A análise elaborada através do NDVI demonstrou as grandes áreas de solo exposto ao longo dos anos, chegando a 40% em 2018, o que provavelmente contribui para os problemas ambientais da região e se intensificaram ainda mais com atividades antrópicas, como a agricultura não conservacionista e o uso desenfreado da água do subsolo.

A área da Bacia Hidrográfica foi o palco da produção de feijão, a qual perdeu força a partir de 1987, provavelmente devido as consequências dos impactos ambientais do manejo inadequado do solo. Porém, 31 anos depois os impactos aumentaram e a agricultura permanece com mesmo manejo incorreto.

Assim, é fundamental um planejamento e formação de uma estrutura política e social para a recuperação dessa bacia hidrográfica, além do aumento da fiscalização por órgão ambientais quanto a preservação de áreas de preservação permanente. Também é necessário o apoio técnico aos agricultores para adequar o sistema de

plantio a capacidade de suporte da Bacia Hidrográfica, evitando processos de erosões, assoreamento e compactação do solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. B. **Diagnostico dos Impáctos Ambientais na Microbacia do Riacho Baixão, São Sabriel-Ba.** 2010. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade Estadual da Bahia, Jacobina, 2010.
- ALMEIDA, H. A. **Climatologia Aplicada a Geografia.** Campina Grande: Editora da Universidade Estadual da Paraíba, 2016.
- AMERI, A. A.; POURGHASEMI, H. R.; CERDA, A. Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multi-criteria decision making models. **Science Of The Total Environment**, v. 613-614, p.1385-1400, 2018.
- AQUINO, D. N.; ROCHA NETO, O. C.; MOREIRA, M. A.; TEIXEIRA, A. S.; ANDRADE, E. M. Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region. Deodato do Nascimento Aquino: **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p.420-429, jul. 2018.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas.** 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. 322 p.
- ASHMAWY, M. H.; ABD, M. A.; KAMH, S. Z.; SHEBL. Comparative study of the drainage basin morphometry extracted from topographic maps and SRTM DEMs: an example from Ghadir watershed, Eastern Desert, Egypt. **Delta J. Sci**, v. 39, 2018
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14001. **Sistema de Gestão Ambiental- especificações e diretrizes para uso.** Rio de Janeiro; ABNT, 2004.
- AUMASSANNE, C. M.; GASPARI, F. J.; BEGE, M. E.; SARTOR, P. O.; BELLA, C. M.. Morfometría de la cuenca alta del Río Colorado, Argentina. **Boletín Geográfico**, n. 40, p. 13-17, 2018.
- BAHIA. Programa de Ação Estadual da Bahia de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. **Plano estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** Salvador, 2014. Disponível em http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Plano_Estadual_de_Combate_a_Desertificacao_e_Mitigacao_dos_Efeitos_da_Seca.pdf. Acessado em agosto de 2020.
- BARBOSA, A. H. S.; CARVALHO, R. G.; CAMACHO, R. G. V.. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Geography Department University Of Sao Paulo**, [s.l.], v. 33, p.128-143, 23 ago. 2017. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/rdg.v33i0.128171>.
- BEZERRA, H. N.; BEZERRA, J. M.; ARAÚJO, C. S. P.; MATTOS, A.. VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS VARIÁVEIS BIOFÍSICAS NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL. **Geosul**, [s.l.], v. 34, n. 72, p.184-201, 25 jul. 2019. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p184>.
- BHAT, M. S.; ALAM, A.; AHMAD, S.; FAROOQ, H.; AHMAD, B.. Flood hazard assessment of upper Jhelum basin using morphometric parameters. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 78, n. 2, p.1-17, jan. 2019. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-019-8046-1>

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERXWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S.. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. . **Hidroweb**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 06 nov. 2020

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Conama Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**: Publicado no D.O.U em 23 de janeiro de 1986.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. . **História e Fotos**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/irece/historico>. Acesso em: 20 out. 2020.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. . **Dados históricos anuais**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 26 out. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRASIL. Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015. **Institui a Política Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN. B. E.. **Química: A Ciência Central**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266 p.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia: para engenharia e ciências ambientais**. 2. ed. Porto Alegre Rs: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (abrh), 2015. 342 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográfica. **Notícia Geomorfologia** 18, 35-64, 1969

DIKPAL, R. L.; PRASAD, T. J. R.; SATISH, K. Evaluation of morphometric parameters derived from Cartosat-1 DEM using remote sensing and GIS techniques for Budigere Amanikere watershed, Dakshina Pinakini Basin, Karnataka, India. **Applied Water Science**, [s.l.], v. 7, n. 8, p.4399-4414, 1 jul. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-017-0585-6>.

DOURADO, C. S.. **ÁREAS DE RISCO DE DESERTIFICAÇÃO: CENÁRIOS ATUAIS E FUTUROS FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**. 2017. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

ELSADEK, W. M.; IBRAHIM, M. G.; MAHMOD, W. E.; KANAE, S. Developing an overall assessment map for flood hazard on large area watershed using multi-method approach: case study of Wadi Qena watershed, Egypt. **Natural Hazards**, [s.l.], v. 95, n. 3, p.739-767, 30 out. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-018-3517-3>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2010. 306 p

ESTADOS UNIDOS. SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS. . **Earth Explorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 01 abr. 2018.

SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS (Estados Unidos). O Ciclo da Água (O Ciclo da Água, português). Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/images/o-ciclo-da-gua-water-cycle-portuguese>. Acesso em: 18 out. 2019.

FARR, Tom G. ;Mike KOBRICK. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data, **Eos Trans**. AGU, 81, 583-585, 2000.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (org.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Conceitos e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil Labhid, 2008. 812 p.

FERN, R. R.; FOXLEY, E. A.; BRUNO, A.; MORRISON, M.L. Suitability of NDVI and OSAVI as estimators of green biomass and coverage in a semi-arid rangeland. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 94, p.16-21, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.029>.

FERREIRA, R.G.; MOURA, M.C.O.; CASTRO, F.S. **Caracterização morfométrica da sub-bacia do Ribeirão Panquinhas, ES**. Enciclopédia Biosfera, v.8, n.15, p.2247-2256, 2012.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento: sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318 p.

GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí–Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 1, p. 72-83, 2018.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340 p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. Óptica e Física Moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009. 4 v.

HAN, J. C.; HUANG, Y.; ZHANG, H.; WU, X.. Characterization of elevation and land cover dependent trends of NDVI variations in the Hexi region, northwest China. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 232, p.1037-1048, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.069>.

HORTON, R. E.. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bull Geol Soc Amer** 5, 275-370, 1945.

JÚNIOR, M. O.. **Degradação dos solos na Microbacia do Riacho Baixão de São Gabriel** – BA. 2004. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Estadual da Bahia, Campina Grande, 2004.

KANNAN, R.; VENKATESWARAN, S.; PRABHU, M. V.; SANKAR, K. Drainage morphometric analysis of the nagavathi watershed, cauvery river basin in dharmapuri district, tamil nadu, india using srtm data and gis. **Data In Brief**, [s.l.], v. 19, p.2420-2426, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2018.07.016>.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p.159 -174, 1977.

LEITE, A. P.; SANTOS. G. P.; OLIVEIRA SANTOS, J. É. Análise Temporal Dos Índices De Vegetação NDVI e SAVI Na Estação Experimental De Itatinga Utilizando Imagens Landsat 8. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 6, n. 4, p.606-623, mar. 2017.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; FREITAS, D. A. F. Estimativa do Potencial de Recarga na Sub-bacia das Posses, Extrema (MG), em Função dos Atributos Fisiográficos, Pedológicos e Topográficos. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 1, p.51-62, jun. 2013.

LIZAGA, I.; GASPAS L.; QUIJANO, L.; QUIJANO, L. DERCON, G.; NAVAS, A. NDVI, 137Cs and nutrients for tracking soil and vegetation development on glacial landforms in the Lake Parón Catchment (Cordillera Blanca, Perú). **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 651, p.250-260, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.075>.

LIU, H.; ZHANG, Y.; ZHANG, X.. Monitoring vegetation coverage in Tongren from 2000 to 2016 based on Landsat7 ETM+ and Landsat8. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s.l.], v. 90, n. 3, p.2721-2730, set. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170737>.

LOBÃO, J. B.; VALE, R. M. C.. Lógica Fuzzy na Modelagem da Desertificação no Estado da Bahia. **Geografia, Rio Claro**,v. 38, n. 1, p.123-140, jan./abril. 2013.
MAIA, P. H. P.; DIAS NETO, B.; CORRÊA-GOMES, L. C.. Análise geológica e estrutural das fissuras e subsidências no carste de Lapão. **Caderno de Geociências**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 112-121. 2010.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Unb, 2012.

MOREIRA, L.; RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica da microbacia da fazenda Edgárdia Botucatu, SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, p. 9-21, 2010.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

NEPOMUCENO, M. Q. **ANÁLISE GEOSISTÊMICA DA REGIÃO DE IRECÊ-BA**. 2014. 295 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

OBODAI, J.; ADJEI, K. A.; ODAI, S. N.; LUMOR, M. Land use/land cover dynamics using landsat data in a gold mining basin-the Ankobra, Ghana. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, [s.l.], v. 13, p. 247-256, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2018.10.007>.

OLIVEIRA E. F.. **Implicações da Pluriatividade na Produção do Espaço Agrário no Município de São Gabriel**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

OLIVEIRA, W. S. N.; LIMA, A. S.; RIBEIRO, R. B. dos Santos. Identificação de possíveis áreas salinizadas no perímetro irrigado de São Gonçalo utilizando o sensoriamento remoto. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 362-378, 23 maio 2018. Companhia Brasileira d

PAIVA, A. Q.; SOUZA, L. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; SOUZA, L. D.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; LOPES, T. J.; SOUSA, D. V. Mudança do uso da terra e dinâmica de carbono orgânico do solo no platô de Irecê, Bahia. **Geografia**, Rio Claro, v. 40, n. 1, p. 85-99, jan/abr. 2015

PEREIRA, J. P.; PEREIRA, L.. **Terras dos Arcanjos: historiografia da cidade de são gabriel-ba**. Historiografia da cidade de São Gabriel-BA. 2. ed. Irecê: Print Fox, 2013. 289 p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José do Campos: Arêntese, 2010.

RIO GRANDE DO SUL. Comitê De Gerenciamento De Bacias Hidrográficas. O que é uma bacia hidrográfica. 2019. Disponível em:
<<http://www.comitevacacai.com.br/BaciaHidrografica/BaciaOQueE>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

ROCHA, A. C.. **IMPACTOS CAUSADOS PELOS TREMORES DE TERRA NO MUNICÍPIO DE LAPÃO – BAHIA**. 2013. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade Estadual da Bahia, Jacobina, 2013

ROGERS, K.; LYMBURNER, L.; SALUM, R.; BROOKE, B. P.; WOODROFFE, C. D.. Mapping of mangrove extent and zonation using high and low tide composites of Landsat data. **Hydrobiologia**, [S.L.], v. 803, n. 1, p. 49-68, 13 jun. 2017.
<https://doi.org/10.1007/s10750-017-3257-5>.

ROUSE, J.W . HAAS, R. H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **earth resources technology satellite symposium**, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1973. v.1, p.309-317

SÁNCHEZ, L. E.. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceito e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SANTOS, L. A. C.; BATISTA, A. C.; NEVES, C. O. M.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, M. M.; GIONGO, M.. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. **Revista Agro@mbiente On-line**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.111-118, 19 jun. 2017. Universidade Federal de Roraima.
<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3915>.

SCHUMM, S. A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Geological Society of America Bulletin** 74, 1089-1100, 1963.

SILVA, J.L.; MOURA, G. B. A.; SILVA, E. F. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, T. T. F.; COSTA LINS, F. A.; OLIVEIRA SILVA. D. A.; ORTIZ, P. F. S.. Spatial-temporal dynamics of the Caatinga vegetation cover by remote sensing in municipality of the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural**

Sciences, [s.l.], v. 14, n. 4, p.1-10, 31 dez. 2019.
<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v14i4a7128>.

SILVA, M. A. V. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital 2, 2006. 463 p.

SIQUEIRA, M. P.; FERREIRA, A. A.; MENDES BRITO, G. H.; BRANQUINHO, R.G. Avaliação Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo no Município de Anápolis-GO. **Ipê Agronomic Journal**, [s.l.], v. 3, n. 2, p.4-15, 2019.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. de O. Mapeamento de solo exposto em área suscetível à desertificação em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, Recife, v. 9, n. 69, p.1669-1676, 20 ago. 2017.

SOUZA, I. N. **A produção e comercialização da pinha em Presidente Dutra: uma alternativa de desenvolvimento sustentável?** 2008. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Estadual da Bahia, Jacobina, 2008.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans. American Geophysical Union**, v.38, p.913-920, 1957.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. **Física: Para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2010. 1 v.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Geographica, 2008.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). **Hidrologia: ciências e aplicações**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Ufrgs/abrh, 2015.

VILLELA, S.M : MATOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill. 1975.

WEBER, D.; SCHAEPMAN-STRUB, G.; ECKER, K. Predicting habitat quality of protected dry grasslands using Landsat NDVI phenology. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 91, p.447-460, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.081>

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R.. **Física IV: Ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2009. 420 p

ZHENG, B., MYINT, S. W.; THENKABAIL, P. S.; AGGARWAL, R. M. A support vector machine to identify irrigated crop types using time-series Landsat NDVI data. **International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation**, [s.l.], v. 34, p.103-112, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.07.002>

ZHU, X.; LIU, D. Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. **Isprs Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing**, [s.l.], v. 102, p.222-231, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.08.014>