



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

PAULO CESAR BATISTA DE FARIAS

**ANÁLISE DA DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL DO
MUNICÍPIO DE SUMÉ – PB, UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS E
COM BASE NAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS**

**SUMÉ - PB
2017**

PAULO CESAR BATISTA DE FARIAS

**ANÁLISE DA DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL DO
MUNICÍPIO DE SUMÉ - PB, COM A UTILIZAÇÃO DE
GEOTECNOLOGIAS E COM BASE NAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Leide Silva de Alencar

SUMÉ

2017

F224a Farias, Paulo Cesar Batista de.
Análise da dinâmica da cobertura vegetal do município de Sumé – PB, com a utilização de geotecnologias e com base nas variações climática. / Paulo Cesar Batista de Farias. - Sumé - PB: [s.n], 2017.

42 f.

Orientador^a: Prof^a. Dr^a. Maria Leide Silva de Alencar.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

1. Biosistemas. 2. Qualidade Ambiental - Caatinga. 3. Geotecnologia. I. Título.

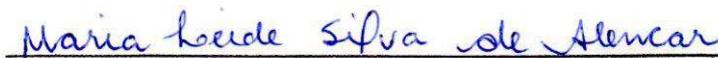
CDU: 528 (043.1)

PAULO CESAR BATISTA DE FARIAS

**ANÁLISE DA DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL DO
MUNICÍPIO DE SUMÉ - PB, COM A UTILIZAÇÃO DE
GEOTECNOLOGIAS E COM BASE NAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

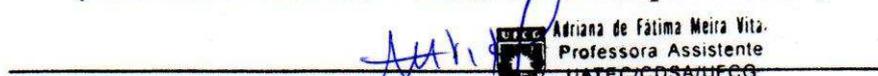
BANCA EXAMINADORA:



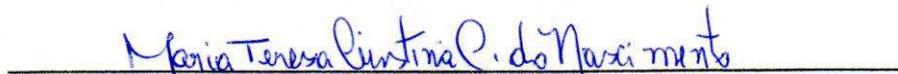
Profa. Dra. Maria Leide Silva de Alencar
(Orientadora – CDSA/UFCG/Campus de Sumé)



Profa. Dra. Joelma Sales dos Santos
(Examinadora Interna – CDSA/UFCG/Campus de Sumé)



Profa. Dra. Adriana de Fátima Meira Vita
(Examinadora Interna - CDSA/UFCG/Campus de Sumé)



Me. Maria Teresa Cristina Coelho do Nascimento
(Examinadora Externa)

Aprovado em 09 de maio de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre comigo nos momentos bons e ruins, me guiando e fortalecendo a cada novo obstáculo posto à minha frente.

Aos meus pais, Risonaldo Batista de Deus e Sueli José de Farias, que foram os principais motivos para que eu pudesse terminar o curso.

Aos meus irmãos Julio Cesar Batista de Farias e Regiane Farias Batista, pela força, amizade e companheirismo durante a minha jornada para tornar possível meus objetivos.

Ao CDSA/UFCG - Campus de Sumé pela oferta do curso.

A minha Orientadora Prof.^a. Dra. Maria Leide Silva de Alencar, por sua competência enquanto profissional, pela calma, pelo respeito a mim ofertado, pelo estímulo, ensino, críticas, dedicação e pela confiança em meu trabalho.

A Prof.^a. Dra. Adriana de Fátima Meira Vital, pelo carinho, compreensão, e pelos ensinamentos que eu levarei durante a minha vida pessoal e profissional.

A Coordenação do Curso de Engenharia de Biosistemas, exercido, inicialmente pelo Prof. Dr. Hugo Morais de Alcântara e, atualmente, pela Prof.^a Dra. Ilza Brasileiro e a todos os Professores e Professoras do Campus.

Aos meus colegas, amigos e irmãos que surgiram em minha vida para somar e fortalecer ainda mais meus anseios e realizações, e a todos aqueles que colaboraram de forma direta e indiretamente para que pudesse chegar aonde eu cheguei.

RESUMO

O uso de imagens de satélite é uma opção viável para o monitoramento da vegetação natural e de sua condição biológica. Além da importância biológica, o bioma Caatinga apresenta um potencial econômico ainda pouco valorizado. Metodologicamente, é extremamente importante o estudo das conexões entre os componentes da natureza por meio da espacialização, ou seja, o uso de ferramentas capazes de identificar os aspectos que indicam a qualidade ambiental no sentido de auxiliar as ações de planejamento e gestão do território. Sendo assim, neste estudo, teve por foco a análise da vegetação quanto à dinâmica espectral no município de Sumé-PB, por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), para os anos de 1990, 1999 e 2015, além da realização de visitas de campo, consultas a literaturas e órgãos públicos, utilização de ferramentas de geoprocessamento e de dados climatológicos. A partir desses dados e procedimentos, foram geradas as cartas digitais deste município para elaborar o diagnóstico da vegetação na área de estudo. Observou-se que, no período avaliado, houve significativa mudança na paisagem, em que a vegetação da Caatinga foi bastante reduzida. Esta condição foi decorrente de ações antrópicas, principalmente da retirada de madeira para a produção de carvão e outros fins, e agravada pelo longo período de estiagem que vem assolando a região, onde a população local busca na natureza uma opção de sobrevivência.

Palavras-Chave: Imagens orbitais. Índice de vegetação. Caatinga. El Niño.

ABSTRACT

The use of satellite images is a viable option for the monitoring of natural vegetation and its biological condition. In addition to the biological importance, the *Caatinga* biome presents an economic potential that is still little valued. It is very important to study the connections between the components of nature through spatialisation that is the use of tools capable of identifying the aspects that indicate the environmental quality in order to assist the planning and management actions of the territory. Therefore, in this study was aimed to analyze the vegetation as the spectral dynamics in the municipality of *Sumé-PB* through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), for the years 1990, 1999 and 2015, as well as the field visits, consultation of literature and public agencies, use of geoprocessing tools and climatological data. From these data and procedures, the digital charts of this municipality were generated to elaborate the diagnosis of the vegetation in the study area. It was observed that, in the period evaluated, there was a significant change in the landscape, in which the *Caatinga* vegetation was greatly reduced. This condition was due to anthropic actions, mainly the removal of wood for the production of coal and other purposes, and aggravated by the long period of drought that is ravaging the region, where the local population seeks in nature a survival option.

Keywords: Orbital images. Vegetation index. *Caatinga*. El Niño.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo	21
Figura 2. Tipos de clima	23
Figura 3. Tipos de solos do município de Sumé – PB	24
Figura 4. Composição Multiespectral Ajustada (CMA) obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B2 (B); do ano de 1990	27
Figura 5. Vegetação de porte abustivo	28
Figura 6. Composição Multiespectral Ajustada (CMA) obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B2 (B); do ano de 1999.....	29
Figura 7. Composição Multiespectral Ajustada (CMA) obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B2 (B); do ano de 2015.....	30
Figura 8. Área de relevo acentuado (serras e serrotes).....	31
Figura 9. Fabricação de Carvão.	34
Figura 10 A. Marmeleiro	34
Figura 10 B. Jurema Branca	34

TABELA E GRÁFICO

Tabela 1. Anos de ocorrência do evento El Niño	26
Gráfico 1. Precipitações pluviométricas anuais do município de Sumé e do Estado da Paraíba para o período de 1990 a 2016.....	32

LISTA DE SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ANA – Agência Nacional das Águas

BRAZADV - Brazil Adventure International

CMA - Composição Multiespectral Ajustada

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

E – Leste

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEME – Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IVDN – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NIR – relaciona as refletâncias do vermelho e do infravermelho próximo.

PB – Paraíba

PDRH-PB – Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba

PH – potencial Hidrogeniônico

S – Sul

SEMARH – Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SPRING – Sistema para Processamento de Informações Georreferenciados

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

UTM – Universal Transversa de Mercator

W – Oeste

WWF – Worldwide Fund for Nature

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 GERAL.....	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 O BIOMA CAATINGA	14
3.2 GEOTECNOLOGIAS E SUAS FERRAMENTAS	16
3.2.1 Uso de Geotecnologias no Monitoramento dos Recursos Naturais	17
3.2.2 Geotecnologias aplicadas na Análise da Cobertura vegetal - Índice de Vegetação por diferença normalizada (IVDN)	18
3.3 EL NIÑO E AS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DO NORDESTE.....	20
4 METODOLOGIA	21
4.1 ÁREA DE ESTUDO	21
4.1.1 Vegetação	22
4.1.2 Clima	22
4.1.3 Solos	23
4.2 GEOPROCESSAMENTO.....	24
4.3 INFLUÊNCIA DE EVENTOS EL NIÑO NA PLUVIOMETRIA DO MUNICÍPIO DE SUMÉ.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ – PB, ATRAVÉS DO IVDN PARA O ANO DE 1990	27
5.2 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ – PB, ATRAVÉS DO IVDN PARA O ANO DE 1999	29
5.3 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ – PB, ATRAVÉS DO IVDN PARA O ANO DE 2015	30
5.4 INFLUÊNCIA DO EL NIÑO NAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E NA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ- PB.....	31
6 CONCLUSÕES	36
7 REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Entender a dinâmica dos diversos sistemas ambientais tem sido esforço de vários pesquisadores, buscando maior conhecimento dos impactos causados a eles em decorrência das variabilidades climáticas e ações antrópicas, no entanto, as complexas inter-relações dos sistemas ambientais tem estreita relação com o meio socioeconômico exigindo um maior conhecimento das trocas de matérias e energias entre si (CHRISTOFOLETTI, 1999; SANTOS, GALVÍNIO E MOURA, 2010).

A caatinga, vegetação dominante no semiárido nordestino, assim como outras vegetações brasileiras, está submetida a uma crescente devastação ambiental provocada pelo uso indiscriminado de seus recursos naturais (LEAL; SÁ; MASCARENHAS, 2000). Até pouco tempo, esse ecossistema era considerado pobre em biodiversidade, mas, na última década, com o aumento de pesquisas mais refinadas, constatou-se a importância deste ecossistema para o equilíbrio da paisagem, bem como seu potencial medicinal, madeireiro e econômico. Entretanto, ainda hoje, pouco se conhece acerca das suas potencialidades, com espécies presentes nesta área que sequer foram descritas e pouco ou quase nada se sabe sobre seus aspectos fisiológicos.

A vegetação desse bioma apresenta diversas adaptações fisiológicas às condições estressantes, e uma das adaptações mais notáveis nessa vegetação, é a de poder sobreviver em uma região onde as precipitações são muito baixas e as chuvas são irregulares. Apesar dessa adaptabilidade a essas condições é muito frequente a mortalidade dessas plantas, em períodos de longas estiagens, agravando ainda mais o processo de desertificação nas regiões Semiáridas do Nordeste brasileiro (TROVÃO et al., 2007).

E para auxiliar no estudo dessa vegetação, temos o sensoriamento remoto, que tem sido utilizado em pesquisas de mapeamento, classificação e monitoramento das florestas em todo o mundo, desde a década de 90 (SHAO et al., 1996). Suas ferramentas possibilitam o estudo dos dosséis, observando parâmetros espectrais da vegetação e parâmetros biofísicos da paisagem, possibilitando observações das variações na paisagem através de mudanças na reflectância, bem como nos índices vegetacionais.

Um dos mais importantes índices obtidos com o sensoriamento remoto para detecção de mudança de vegetação é o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (IVDN), o qual é resultado da razão entre bandas espectrais de alta correlação; esta operação realça os alvos de interesse, no caso, a vegetação (KAZMIERCZAK, 1996).

Com a aplicação desta técnica, tem-se um aumento de contraste entre solo e vegetação, possibilitando uma melhor análise da composição vegetal. Os índices de vegetação, como o IVDN, são ferramentas importantes geradas por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregadas em diversos estudos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área estudada (CHAGAS, GALVÍNCIO E PIMENTEL, 2008).

Diante do exposto pode-se perceber a importância de estudos ambientais eficientes e o potencial do uso das geotecnologias, principalmente pela grande possibilidade de geração de informações que podem proporcionar um melhor entendimento da dinâmica da vegetação e sua espacialização, o que poderá auxiliar na criação de políticas públicas consistentes para a solução dos problemas ambientais relacionados a essas áreas.

Este estudo teve como foco realizar uma análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação de caatinga a partir do IVDN e das variações pluviométricas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Mapear através de imagens de satélite e dados climatológicos, a vegetação do município de Sumé - PB, caracterizando-a quanto sua condição biológica utilizando o IVDN.

2.2 ESPECÍFICOS

- i) Caracterizar de forma geral a área de estudo;
- ii) Realizar o processamento digital das Imagens para gerar o IVDN;
- iii) Analisar espaço-temporalmente a dinâmica da vegetação através do IVDN;
- iv) Gerar os mapas temáticos e gráficos para o diagnóstico de situações;
- v) Analisar a influência dos eventos El Niño nos índices pluviométricos e na cobertura vegetal do município em estudo, para o período de 1990 a 2015.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O BIOMA CAATINGA

A "Caatinga", que na língua tupi-guarani quer dizer Mata Branca, pois na época seca a vegetação perde as folhas e fica esbranquiçada. Está localizado na região Nordeste brasileiro entre o Bioma Mata Atlântica e o bioma Cerrado. A Caatinga tem uma fisionomia de deserto, com índices pluviométricos muito baixos, e está submetida a ventos fortes e secos, que contribuem para a aridez da paisagem nos meses de seca. De forma geral, os solos são jovens, poucos desenvolvidos e fortemente ácidos, e a vegetação deste bioma é aparentemente seca (LUCENA, 2010).

A Caatinga não só abrange cerca de 844.453 km² (9,98% do território brasileiro), dos quais 200.000 km² foram reconhecidos em 2001 como Reserva da Biosfera mas se estende por todo o estado do Ceará (100%), por mais da metade da Bahia (54%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Piauí (63%) e do Rio Grande do Norte (95%) e por pouco menos da metade de Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%) (IBGE, 2005).

A caatinga é o bioma brasileiro menos conhecido, protegido e pesquisado do país. Tem apenas 8,4% de sua área cobertos por unidades de conservação federais. Destas, as de proteção integral (parques, reservas biológicas e estações ecológicas) representam menos de 1,5% da caatinga. As Unidades de Conservação, além de desconhecidas do grande público e até mesmo da população local, sobretudo os Parques Nacionais, representam muito bem, sob diversos aspectos, o que há de mais belo e surpreendente no sertão nordestino (VASCONCELOS, 2011).

Nas áreas do semiárido brasileiro que reúnem condições para a prática da agricultura irrigada (solo adequados e disponibilidade hídrica), a produtividade das culturas alcança altos padrões. No entanto, o papel da Caatinga e das áreas irrigadas no que concerne ao sequestro e fixação de carbono é ainda muito pouco estudado (SILVA, BRAGA E BRAGA, 2013).

Os fatores morfogenéticos que dão origem aos solos atuais das Caatingas tem relação com o material de origem (rochas pré-cambrianas cristalinas e setores sedimentares localizados). As superfícies das rochas, que devem gerar os solos subsequentes sob ação do clima, são alcalinas, mas a chuva produz uma dissolução das bases que são lixiviadas e então um microambiente ácido é criado. A formação de argilas inicia-se em rochas que sofrem ação

do clima, mas o pH principal (devido à presença ou ausência de bases) irá determinar a sua natureza; em meios ácidos a caulinita é formada, enquanto montmorilonita irá predominar se as chuvas forem insuficientes para lixiviar os sais (PRADO, 2003).

O domínio da Caatinga apresenta uma forte irregularidade climática, apresentando os valores meteorológicos mais extremos do país: a mais forte insolação, a mais baixa nebulosidade, as mais altas médias térmicas entre 25° e 30° C, as mais elevadas taxas de evaporação e, sobretudo, os mais baixos índices pluviométricos, em torno de 500 a 700 mm anuais, com grande variabilidade espacial e temporal (REDDY, 1983; SAMPAIO, 2003). Em consequência, grande parte das espécies vegetais são caducifólias, ou seja, têm folhas decíduas, que caem na época de seca em resposta à escassez de água (LOIOLA, ROQUE E OLIVEIRA, 2012). Apesar de a área ser cortada por uma razoável rede hidrográfica, grande partes desses rios são temporários, correndo apenas na época chuvosa. As regiões hidrográficas inclusas no Bioma Caatinga são: São Francisco, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental e Atlântico Leste (ROCHA et al., 2007).

A Caatinga apresenta três estratos: arbóreo (8 a 12 metros), arbustivo (2 a 5 metros) e o herbáceo (abaixo de 2 metros). A vegetação adaptou-se ao clima seco para se proteger. As folhas, por exemplo, são finas ou inexistentes. Algumas plantas armazenam água, como os cactos, outras se caracterizam por terem raízes praticamente na superfície do solo para absorver o máximo da chuva. Algumas das espécies mais comuns da região são a amburana, aroeira, umbu, baraúna, maniçoba, macambira, mandacaru e juazeiro (WWF - BRASIL, 2016)

A fauna de répteis é abundante, podendo-se encontrar um grande número de lagartos e cobras; por outro lado, existem alguns roedores, muitos insetos e, principalmente, aracnídeos. A dificuldade de se encontrar água dificulta a existência de grandes mamíferos na região, embora se encontrem cachorros do mato e outros animais que se alimentam, sobretudo de roedores (BRASIL NATURE, 2015).

Além da importância biológica a caatinga apresenta um potencial econômico ainda pouco valorizado. Em termos forrageiros, se encontram espécies como o pau-ferro, a catingueira verdadeira, a catingueira rasteira, a canafístula, o mororó e o juazeiro, que poderiam ser utilizadas como opção alimentar para caprinos, ovinos, bovinos e muares. Entre as de potencialidade frutífera se destacam o umbu, o araticum, o jatobá, o murici e o licuri e,

dentre as espécies medicinais, a aroeira, a braúna, o quatro-patacas, o pinhão, o velame, o marmeleiro, o angico, o sabiá e o jericó, entre outras (DNIT, 2009).

A exploração, feita de forma extrativista pela população local desde a ocupação do semiárido, tem levado a uma rápida degradação ambiental. Segundo estimativas, cerca de 70% da caatinga já se encontram alteradas pelo homem, e somente 0,28% de sua área é protegida em unidades de conservação. Estes números conferem, à caatinga, a condição de ecossistema menos preservado e um dos mais degradados (KIILL, 2011).

Como consequência desta destituição ignominiosa, muitas espécies já se enquadram na lista das espécies ameaçadas de extinção de acordo com o IBAMA, e outras, como a aroeira e o umbuzeiro, já se encontram protegidas pela legislação florestal de serem usadas como fonte de energia, a fim de evitar a sua extinção. Quanto à fauna, os felinos (onças e gatos selvagens), os herbívoros de porte médio (veado catingueiro e capivara), as aves (ararinha azul, pombas de arribação) e abelhas nativas figuram entre os mais atingidos pela caça predatória e destruição do seu habitat natural (KIILL, 2011).

A Caatinga tem sido ocupada desde os tempos Brasil-Colônia com o regime de sesmarias e sistema de capitánias hereditárias, por meio de doação de terras, criando-se condições para a concentração fundiária. De acordo com o IBGE (2005), 27 milhões de pessoas vivem, atualmente, no polígono das secas. A extração de madeira, a monocultura da cana-de-açúcar e a pecuária nas grandes propriedades (latifúndios) deram origem à exploração econômica. Na região da Caatinga ainda é praticada a agricultura de sequeiro (IBAMA, 2005).

3.2 GEOTECNOLOGIAS E SUAS FERRAMENTAS

De acordo com Bolfe (2006), historicamente a observação e a representação da superfície terrestre têm se apresentado como relevante na organização e desenvolvimento das sociedades. Desde os remotos tempos até a atualidade, as informações e dados espaciais foram descritos de forma gráfica pelos antigos cartógrafos e utilizados por navegadores e demais profissionais.

O Geoprocessamento é uma tecnologia que proporciona através das suas técnicas computacionais e matemáticas, a representação espacial em ambiente computacional dos fenômenos sociais, econômicos e ambientais que se distribuem no espaço geográfico. Essa

tecnologia estabelece um elo em diversas áreas da atividade humana, pois há uma necessidade em comum entre elas, a de ter uma melhor visão espacial e temporal de seus objetos de estudos, juntamente com suas relações estabelecidas no mundo real (OLIVEIRA, 2011).

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA, DAVIS E MONTEIRO, 2001). Aplicações como à classificação do uso e ocupação do solo, mapeamento e localização de pontos estratégicos e vulneráveis são ações fundamentais para a caracterização das bacias e ações fundamentais na gerência eficiente dos corpos hídricos (SOUSA, RIBEIRO; CARNEIRO, 2009).

De acordo com Oliveira (2011), as buscas por métodos e técnicas que contribuam para auxiliar nos diagnósticos e processos de planejamento e gestão devem ser constantes, procurando minimizar os problemas e maximizar os benefícios. Neste contexto, o Geoprocessamento se apresenta como uma importante ferramenta, podendo especializar/localizar as ocorrências, contribuir para disponibilizar informações físicas, bióticas e antrópicas que ajudem em processos de zoneamento.

O monitoramento dos recursos naturais deve ser uma preocupação constante em todas as áreas, principalmente naquelas que têm suas atividades associadas ao meio físico, como é o caso da Engenharia Florestal, assim como das administrações públicas e privadas. Na sua execução, o uso das técnicas de sensoriamento remoto facilita a avaliação dos recursos naturais em grandes extensões, proporcionando uma economia nos custos em relação aos levantamentos de campo (CONCEIÇÃO, 2004).

3.2.1 Uso de Geotecnologias no Monitoramento dos Recursos Naturais

A observação da distribuição espacial da ocupação do solo, tanto em áreas urbanas quanto rurais, é fundamental para a tomada de decisão, com objetivo de definir políticas públicas e privadas. A forma de se obter informações pode ser trivial, seja através de questionários, ou de imagens da paisagem. Diferentes metodologias de avaliação têm por

característica uma concepção dinâmica do meio ambiente, considerando a paisagem natural e a ação antrópica, removendo e recriando seus elementos (ASSAD, 1993).

De acordo com Oliveira (2011), as geotecnologias estabelecem um elo em diversas áreas da atividade humana, pois há uma necessidade em comum entre elas, a de ter uma melhor visão espacial e temporal de seus objetos de estudos, juntamente com suas relações estabelecidas no mundo real.

Quando se trata de grandes áreas e principalmente de difícil acesso, a disponibilidade de dados é escassa e a realização de novos levantamentos de campo ou expansão da rede de monitoramento é onerosa. No Brasil esse problema é recorrente, face às dimensões continentais, diversidade de paisagens e de áreas remotas, como Cerrado e Amazônia. Uma alternativa para preencher a lacuna da disponibilidade de dados coletados em campo é a geração de informações a partir de dados geoespaciais, os quais têm relativamente baixo custo de aquisição e podem ser disponibilizados quase em tempo real. Outra grande vantagem desses dados em relação aos coletados em campo é sua abrangência espacial, comparada à representação pontual dos dados de campo (NOGUEIRA, 2012).

Assim, devido à possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas, grande parte deles gratuitos, o geoprocessamento tornou-se uma importante ferramenta para especializar e monitorar os recursos naturais, as atividades antrópicas e as consequências destas atividades sobre a superfície terrestre (MORTON et al, 2006).

3.2.2 Geotecnologias aplicadas na Análise da Cobertura vegetal - Índice de Vegetação por diferença normalizada (IVDN)

A utilização de imagens de satélite para estudos de vegetação em ambiente urbano é uma prática muito utilizada, sobretudo em regiões onde a falta de planejamento adequado corrobora para o crescimento urbano desordenado, tornando assim o monitoramento da cobertura vegetal fundamental ao desenvolvimento sustentável (VELASCO et al., 2007).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) permite avaliar o vigor vegetativo dos estágios sucessionais de determinada vegetação ou cultura, bem como de acordo com Epiphany et al. (1996), os índices de vegetação realçam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade. Assim, as assinaturas espectrais

permitem distinguir a vegetação nativa das áreas com uso agropecuário o que segundo ele facilita o planejamento e direcionamento das políticas públicas e privadas relacionadas ao manejo e conservação do solo e da água.

Os índices de vegetação gerados a partir de dados oriundos de sensores remotos constituem uma importante ferramenta para o monitoramento de alterações naturais ou antrópicas no uso e na cobertura da terra. Estes índices têm sido usados na estimativa de diversos parâmetros da vegetação como, por exemplo, o índice de área foliar, na quantidade de biomassa verde, e também na avaliação do uso e manejo do solo e da recuperação de áreas degradadas, estabelecendo práticas conservacionistas adequadas para cada ambiente (LIMA et al., 2013).

Os avanços tecnológicos de sensores remotos permitem analisar, através de imagem de satélites, a distribuição espacial de áreas cultivadas e as possíveis modificações da cobertura vegetal em diversas épocas, possibilitando o monitoramento das áreas vegetadas (LIRA et al., 2009). Os sensores remotos são dispositivos capazes de detectar a energia eletromagnética (em determinadas faixas do espectro eletromagnético) proveniente de um objeto, transformá-las em um sinal elétrico e registrá-las, de tal forma que este possa ser armazenado ou transmitido em tempo real para posteriormente ser convertido em informações que descrevem as feições dos objetos que compõem a superfície terrestre (MORAES, 2002).

O Sol e a Terra são as duas principais fontes naturais de energia eletromagnética utilizadas no sensoriamento remoto da superfície terrestre. A energia eletromagnética não precisa de um meio material para se propagar, sendo definida como uma energia que se move na forma de ondas eletromagnéticas à velocidade da luz ($c = 300.000\text{Km s}$, onde "c" é a velocidade da luz.) (MORAES, 2002). Segundo Ramos et al. (2010), deste modo, cada alvo da superfície terrestre que emite ou reflete radiação tem um comportamento de onda do espectro eletromagnético.

O Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), relaciona as refletâncias do vermelho e do infravermelho próximo (NIR), o que pauta as bandas do Vermelho e Infravermelho disponíveis nas imagens do sensor MODIS. Este índice é aplicado na identificação e caracterização da distribuição espacial da vegetação ou sua ausência ao longo do tempo (FOLHES, 2007).

3.3 EL NIÑO E AS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DO NORDESTE

O El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Na atualidade, as anomalias do sistema climático que são mundialmente conhecidas como El Niño e La Niña representam uma alteração do sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico tropical, e que tem consequências no tempo e no clima em todo o planeta. Nesta definição, considera-se não somente a presença das águas quentes da Corrente El Niño mas também as mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, com o enfraquecimento dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste) na região equatorial. Com esse aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade, e portanto variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo também são observados aumento ou queda de temperatura (CPTEC, 2016).

De acordo com Sousa (2007), durante a ocorrência do fenômeno "El Niño", os ventos alísios se enfraquecem nas regiões ocidental e central do Pacífico Tropical, aumentando assim, a profundidade das águas quentes que atingem o leste e diminuindo esta profundidade no oeste. Como resultado deste fenômeno ocorre uma elevação na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na costa do Pacífico Tropical Oriental (Peru e Equador) e um declínio drástico na sua produtividade primária, afetando a atividade pesqueira comercial nesta região. As chuvas seguem a água quente em direção ao leste, resultando em grandes mudanças na circulação da atmosfera global, provocando mudanças no clima em regiões afastadas do Pacífico Tropical, como enchentes no Peru e seca na Indonésia e Austrália.

Sousa (2007), afirma que no Brasil, o El Niño traz impactos que atingem diferentemente suas regiões, assim, no Norte ocorre diminuição das precipitações e secas, aumentando o risco de incêndios florestais; na Região Nordeste há secas severas; no Centro Oeste não há evidências de efeitos pronunciados nas chuvas; no Sudeste ocorre um aumento moderado das temperaturas médias e, na Região Sul, ocorrem precipitações abundantes, principalmente na primavera e chuvas intensas de maio a julho, além de aumento da temperatura média.

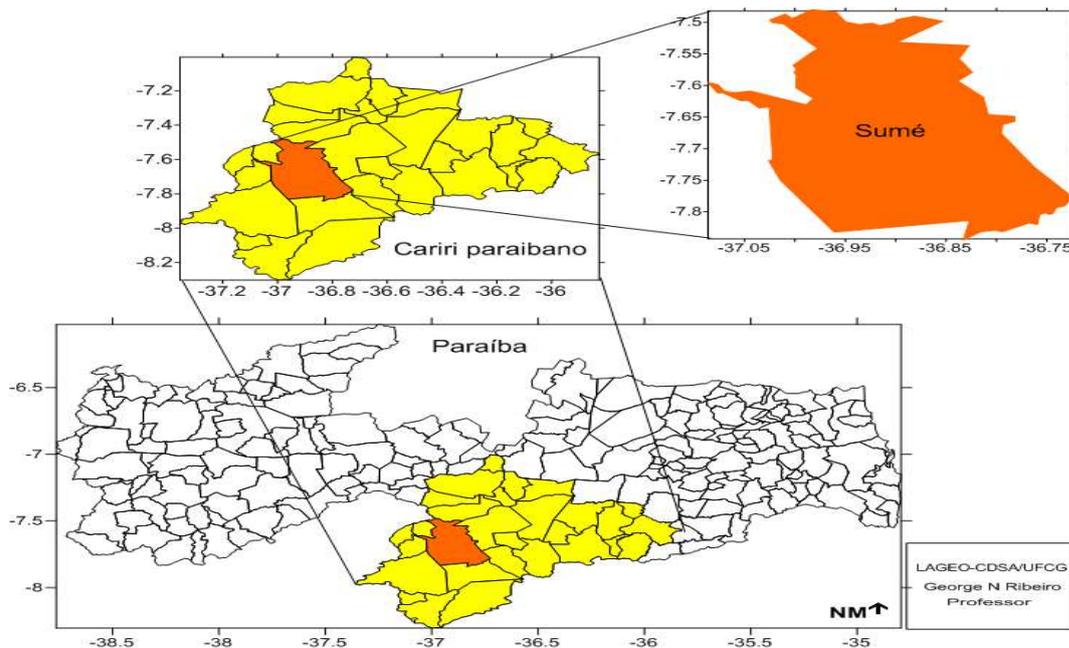
4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Sumé, localizado na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Ocidental, centro do estado da Paraíba. Possui uma área de 838 Km², representando 1,53 % da área do estado. Distante 276 Km da capital do estado, João Pessoa/PB (Figura 1). Suas coordenadas geográficas são 07° 40' 18" de latitude Sul e 36° 52' 48" de longitude Oeste (EMBRAPA, 2006).

A população do município é de 16.872 habitantes, sendo o segundo maior município de Cariri Ocidental Paraibano, em termos populacionais (IBGE, 2016). Destes habitantes, aproximadamente 66% residem na zona urbana e 34% na zona rural. Apresenta Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH) de 0,627 (IBGE, 2016).

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: LAGEO-CDSA/UFCG¹.

¹ LAGEO – Laboratório de Geotecnologias do CDSA/UFCG

4.1.1 Vegetação

A vegetação identificada na área de estudo é basicamente composta por Caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia, constituída por espécies que tem um grande poder de adaptação à temperatura elevada e a baixa umidade, e conseguem reerguer-se naturalmente em áreas muito alteradas, devido ao seu grande poder de regeneração e capacidade de ficar por longos períodos em estágio de dormência, desde que essa área não seja mais degradada pelo homem.

Historicamente, a Caatinga tem sido ocupada a partir da exploração extrativista de seus recursos naturais, que nos últimos anos tem alcançado índices preocupantes, pois atingem os mais diferentes setores como a extração da madeira, a caça indiscriminada de animais silvestres, a extração de mel de abelha, a colheita de frutos nativos e de plantas consideradas medicinais, dentre outras. No entanto, o super pastejo dos ruminantes e a agricultura itinerante vêm sendo apontadas como os principais fatores de degradação dos ecossistemas da Caatinga. Todos esses aspectos são agravados com a ocorrência de sucessivas secas e, sobretudo, pela concentração de renda e a exclusão social, política e econômica que ainda predominam na região (FILHO, SILVA E CÉZAR, 2013).

Outras espécies possuem grande importância neste contexto: juazeiro (*Ziziphus joazeiro*, Mart.; Rhamnaceae), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul), marmeleiro (*Croton sonderianus*), coroa de frade (*Melocactus zehntneri*), e maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) (LUCENA, 2010), que, durante os períodos de estiagens, são aproveitadas pelos animais que consomem as folhas que caem ou as cascas. Também é significativo o impacto causado pela seletividade dos caprinos em espécies decíduas como a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e imburana (*Commiphora leptophloeos*) (LUCENA, 2010).

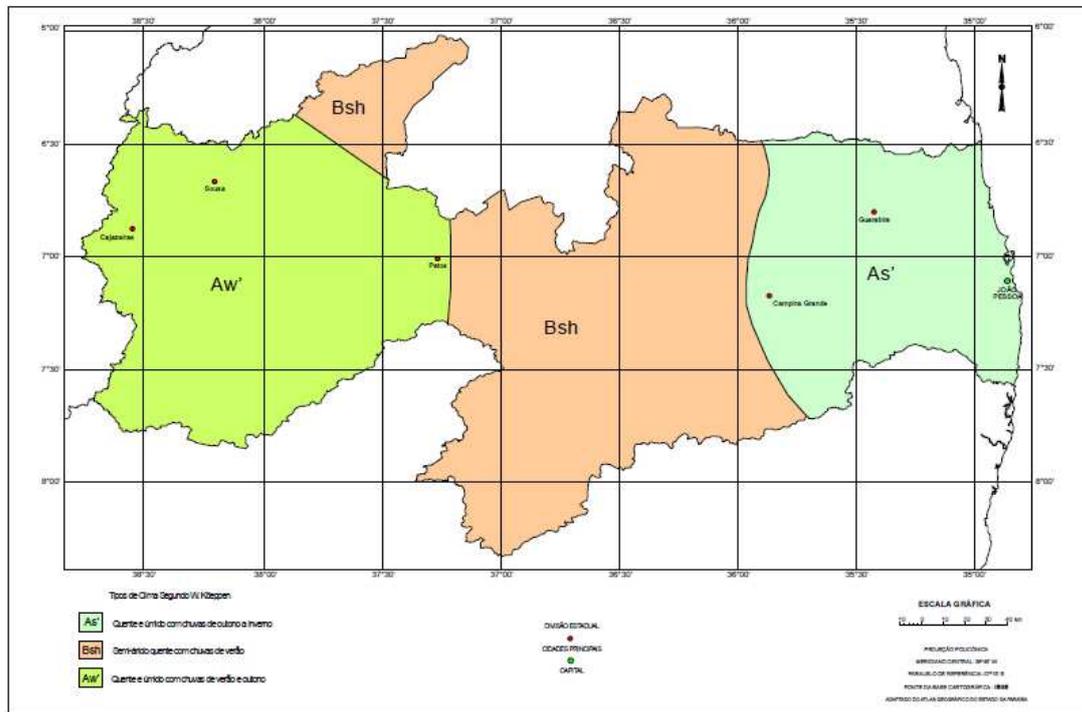
4.1.2 Clima

De acordo com a classificação de Köppen (PDRH-PB, 1996), o clima predominante na região é do tipo Bsh (semiárido quente), caracterizado pela insuficiência das precipitações (médias anuais muito baixas, em torno de 400 mm), temperaturas elevadas que implicam em forte evaporação e, principalmente, pela alternância de duas situações nitidamente delimitadas: a das chuvas, também chamada pelos caririzeiros “inverno”, e a da seca ou “verão”, que varia de 7 a 8 meses (DNOCS, 1968) (Figura 2).

A localização dessa região exerce papel fundamental na compreensão dos baixos índices pluviométricos aí dominante. O Cariri estar situado no fim do percurso dos fluxos

úmidos que se direcionam para o semiárido nordestino e em situação do sotavento, fazendo parte da diagonal mais seca do Brasil, (SOUSA, 2008).

Figura 2. Tipos de clima



Fonte: AESA, 2017.

Outro aspecto climático que chama atenção no Cariri é o seu Índice de Aridez, que é a característica do clima que relaciona a insuficiência de precipitação adequada para manter uma vegetação. Para o município de São João do Cariri, por exemplo, Souza (1999) obteve o índice de 0,22. Levando-se em consideração que, nos climas áridos, o Índice de Aridez varia de 0,05 a 0,20, a proximidade do resultado obtido para o município citado em relação a essas áreas demonstra a severidade climática dessa região, (SOUSA, SUERTEGARAY E LIMA, 2009).

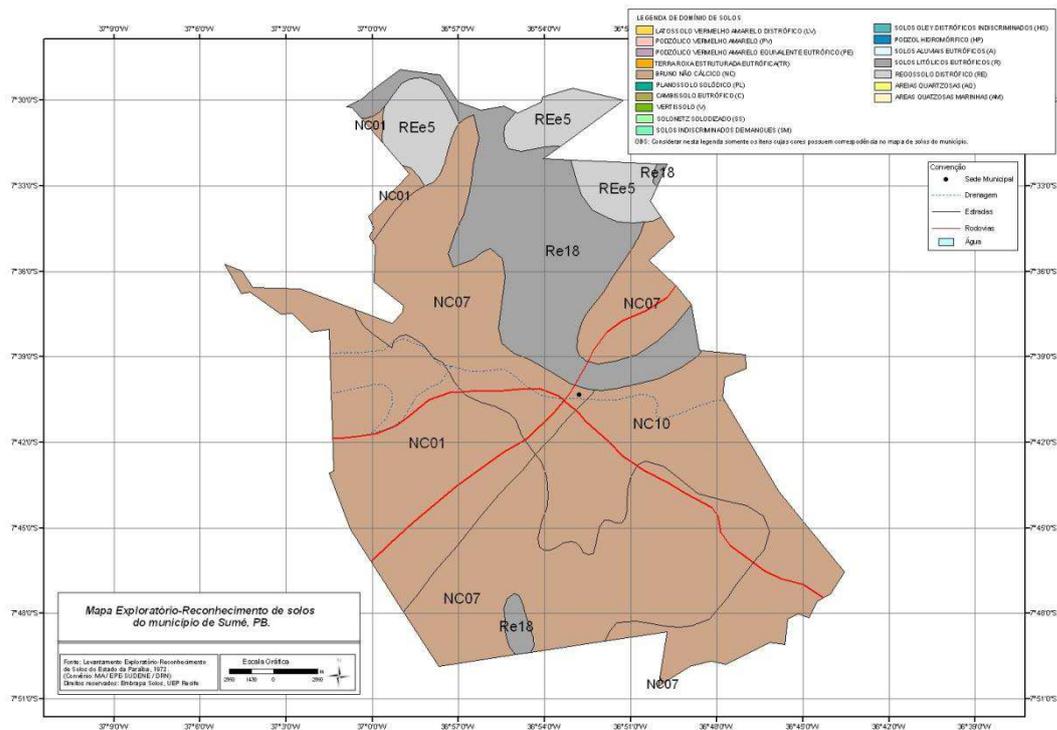
4.1.3 Solos

De acordo com Silva (2012), os solos dessa região podem ser agrupados em terras não aráveis nas condições naturais, com algumas deficiências, topografia irregular e elevada e difícil uso sob condições naturais, onde as deficiências naturais pedem um elevado custo de correção, especialmente quando se considera a pouca disponibilidade de água e em pequenas

áreas de ribeira, com trechos que podem ser aráveis, apesar de aptidão restrita em nível de potencial agrícola.

De acordo com EMBRAPA, (2013), os solos predominantes na área são do tipo LUVISSOLOS E NEOSSOLOS, caracterizados por serem rasos, pouco profundos, e moderadamente ácidos provenientes de rochas cristalinas do Pré-Cambriano (Figura 3). São comuns alguns Afloramentos de rochas nas encostas a sotavento onde estão inseridos.

Figura 3. Tipos de solo do município de Sumé-PB



Fonte: PARAÍBA, 1972

Os solos pedregosos e rasos só conseguem mostrar uma Caatinga espaçada ou rala, sendo inviáveis do ponto de vista agrícola, pois a pouca profundidade impede o desenvolvimento de lençóis subterrâneos. Os solos são considerados como indicadores de possível desertificação, especialmente quando a cobertura rala vem secularmente sendo degradada, expondo ainda mais os solos da região, (SILVA, 2012).

4.2 GEOPROCESSAMENTO

A avaliação espaço-temporal da dinâmica da vegetação na área de estudo foi realizada por meio de pesquisas bibliográficas, visitas in locu e com uso de ferramentas e técnicas de geoprocessamento.

Imagens do satélite LANDSAT 5, 7 e 8 da órbita 215, ponto 65 das passagens de 18/06/1990, 08/04/1999 e 26/01/2015 e foram adquiridas gratuitamente no catálogo de imagens do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013). Sendo que as escolhas destes anos tem haver com os intervalos que pretendeu-se estudar de 10 e 15 anos.

Para o processamento das imagens foi criada uma base de dados no software SPRING 5.3 com a projeção/Datum UTM/SAD-69. Para auxiliar o georreferenciamento foi importado um arquivo no formato DXF da drenagem obtido na Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs). Nesta etapa foi realizada a transformação das bandas através do módulo IMPIMA e salvas no formato GRIB e importada à base de dados, e após realizada sua correção geométrica, utilizando o método polinomial de primeira ordem, tomando-se como base digital as coordenadas de pontos de controle da rede de drenagem distribuídos ao longo da área. Para um melhor processamento foi realizado o recorte das áreas tomando como base os limites do município (IBGE, 2010).

Utilizando o editor de operações aritméticas, foi gerada a imagem de IVDN (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) sendo estabelecidos valores de ganho e offset, no intuito das imagens índices expressarem 256 níveis de cinza entre as refletâncias das bandas 3 e 4 (OLIVEIRA, CHAVES E LIMA, 2009).

Através da imagem de IVDN foi realizada uma classificação multiespectral supervisionada, a qual se classificou a região em áreas com vegetação, com solo exposto e com corpos hídricos. As áreas com vegetação foram classificadas quanto à densidade da cobertura vegetal em quatro fitofisionomias: vegetação rala, vegetação semidensa, vegetação densa e solo exposto. A cor magenta está associada ao solo nu ou sem vegetação, e os tons de verde indicam alguma cobertura vegetal, onde maior grau de verde foi usado para determinar vegetação em pleno vigor de crescimento ou vegetação densa.

4.3 INFLUÊNCIA DE EVENTOS EL NIÑO NA PLUVIOMETRIA DO MUNICÍPIO DE SUMÉ.

Os dados pluviométricos do município de Sumé - PB foram adquiridos junto à AESA, bem como através de pesquisas bibliográficas.

E o processamento desses dados pluviométricos do município e do Estado da Paraíba foram realizados no Excel. Para Estado da Paraíba, calculou-se a precipitação média anual de cada município e fez-se a média para cada ano estudado.

Os dados referentes aos anos de ocorrências de EL Niño para o período avaliado podem ser observados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Anos de ocorrência do evento El Niño.

ANOS DE EL NIÑO	INTENSIDADE
1986 – 1989	Moderado
1990 – 1993	Forte
1994 – 1995	Moderado
1997 -1999	Forte
2002 – 2003	Moderado
2004 – 2005	Fraco
2006 – 2007	Fraco
2009 – 2010	Fraco
2011	Fraco
2012 – 2013	Forte
2015 – 2016	Forte

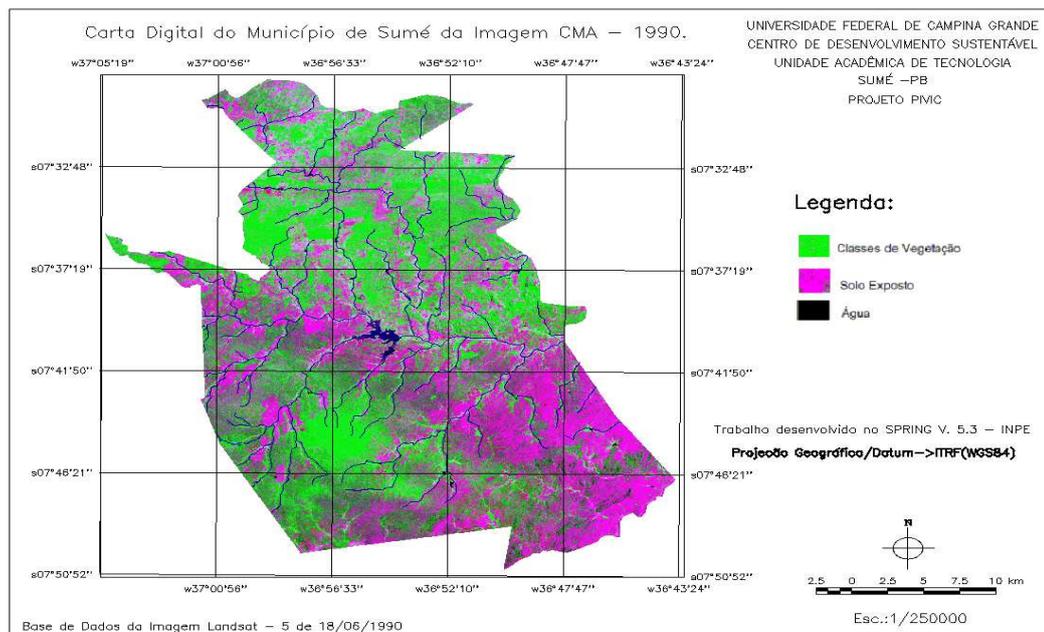
Fonte: CPTEC, 2016.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ – PB, ATRAVÉS DO IVDN PARA O ANO DE 1990

Analisando a Composição Multiespectral Ajustada (CMA) para o ano de 1990 apresentada na Figura 4 verifica-se que, para este ano, existia grandes áreas de vegetação rala a solo exposto no município, com maior concentração à sudeste da região de estudo (cor magenta). A ocorrência de inúmeros focos de solos expostos revela a presença de níveis mais graves de degradação, o que pode acarretar uma série de consequências ambientais, econômicas e sociais. De acordo com estudos realizados por Moraes, Francisco & Melo (2014), o aumento do desenvolvimento da pecuária caprina e ovina em modelos inadequados e a dinâmica vegetal vêm sendo motivo de muitas análises pela capacidade desses animais interferirem na dinâmica ambiental do Cariri paraibano.

Figura 4. CMA obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B2 (B); do ano de 1990.



Fonte: autoria própria.

A vegetação predominante é a de porte arbustivo com baixa densidade, distribuída nas regiões sudoeste, central e norte no município ocupando o maior espaço territorial (Figura 5).

Figura 5. Vegetação de porte arbustivo.



Fonte: autoria própria.

A vegetação arbustiva densa, de porte arbóreo, está mais concentrada ao norte do município, onde relevo é acentuado, serras e serrotes, que por ser de difícil acesso, encontram-se mais preservadas, indicadas pelos tons de verde escuro a claro na imagem.

Segundo Cruz, Borba & Abreu (2005), matas são cortadas para a utilização da lenha em fornos de cerâmicas, caieiras, padarias, fabricação de carvão, retirada de estacas e mourões, implantação de pastos, ou ainda, para projetos imobiliários. Muitas vezes, associada ao desmatamento, ocorre à queima da área, levando à morte dos microrganismos do solo. Esses fenômenos levam geralmente à erosão, ao empobrecimento do solo e ao assoreamento dos rios, refletindo de forma impactante no clima da região. Grandes porções de terra estão em processo de desertificação devido ao uso indiscriminado do solo.

Os corpos d'água estão representados na imagem pela tonalidade azul. A rede de drenagem corresponde a córregos, riachos, rios e açudes. Observa-se que a vegetação ciliar no sentido leste/oeste, a partir da região central do município, apresenta padrão de vegetação rala a solo exposto, indicando assim a sua supressão para os mais variados usos.

5.2 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ – PB, ATRAVÉS DO IVDN PARA O ANO DE 1999

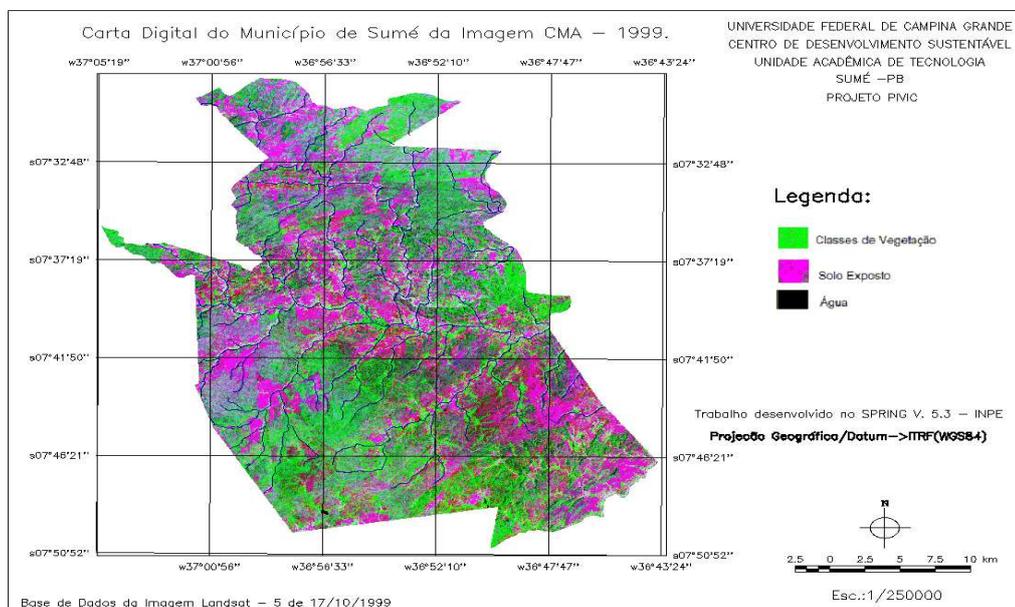
Analisando agora a CMA para o ano de 1999, apresentada na Figura 6, verificou-se que, para este ano, existia grandes áreas de vegetação rala a solo exposto, com maior concentração nas porções noroeste, central e sudoeste do município estudado. Pode-se observar ainda, que nestas áreas a vegetação foi retirada para o uso agrícola e pecuário.

Quando comparado com o ano de 1990, o ano de 1999, as manchas de solos expostos aumentaram, indicando níveis mais graves de degradação, principalmente em áreas antes ocupadas pela vegetação densa a semidensa.

A vegetação densa está mais concentrada ao norte do município em áreas de relevo acentuado. Já os corpos d'água não aparecem na imagem, pois neste ano todos eles secaram devido às chuvas abaixo da média (357 mm), de acordo com dados da (AESA, 2016).

Observa-se também, que a vegetação ciliar no sentido leste/oeste, a partir da região central do município, seguindo o curso do rio Sucuru, encontrava-se rala a solo exposto, indicando assim, a sua supressão para os mais variados usos.

Figura 6. CMA obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B2 (B); do ano de 1999.

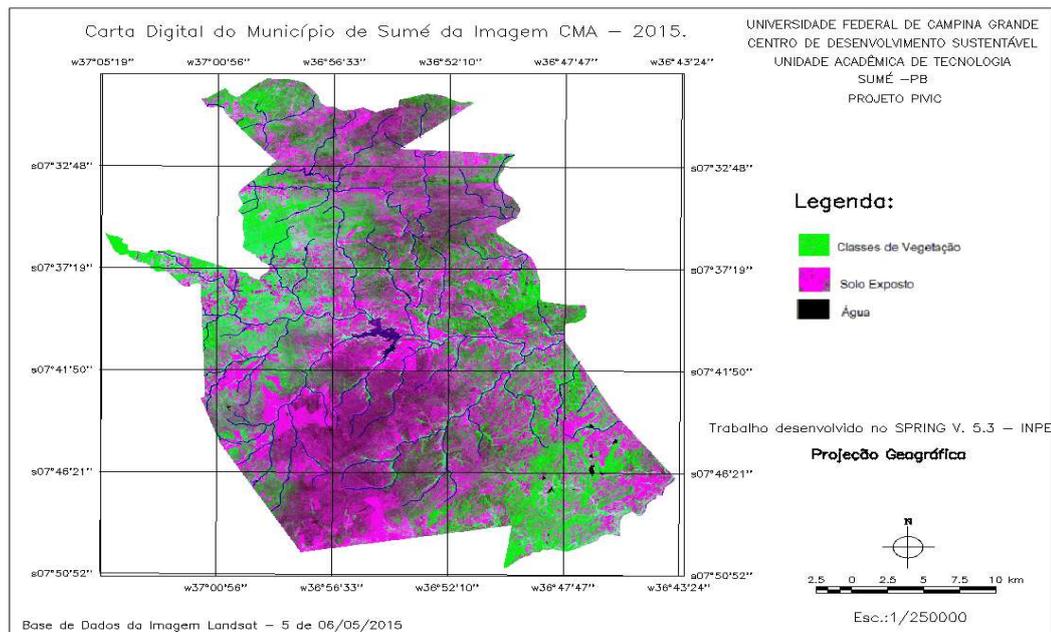


Fonte: autoria própria.

5.3 ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ – PB, ATRAVÉS DO IVDN PARA O ANO DE 2015

Já na CMA para o ano de 2015 (Figura 7), verifica-se que houve aumento considerável nas áreas de vegetação rala a solo exposto no município, quando comparada com os anos de 1990 e 1999. Com maior concentração nas partes norte, central e sudoeste, representado pela cor magenta na imagem.

Figura 7. CMA obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B2 (B); do ano de 2015.



Fonte: autoria própria.

E a vegetação arbustiva a arbórea densa está mais concentrada na região sudeste, noroeste e leste do município em áreas de serras e serrotes (Figura 8).

Figura 8. Área de relevo acentuado (serras e serrotes) do município de Sumé – PB.

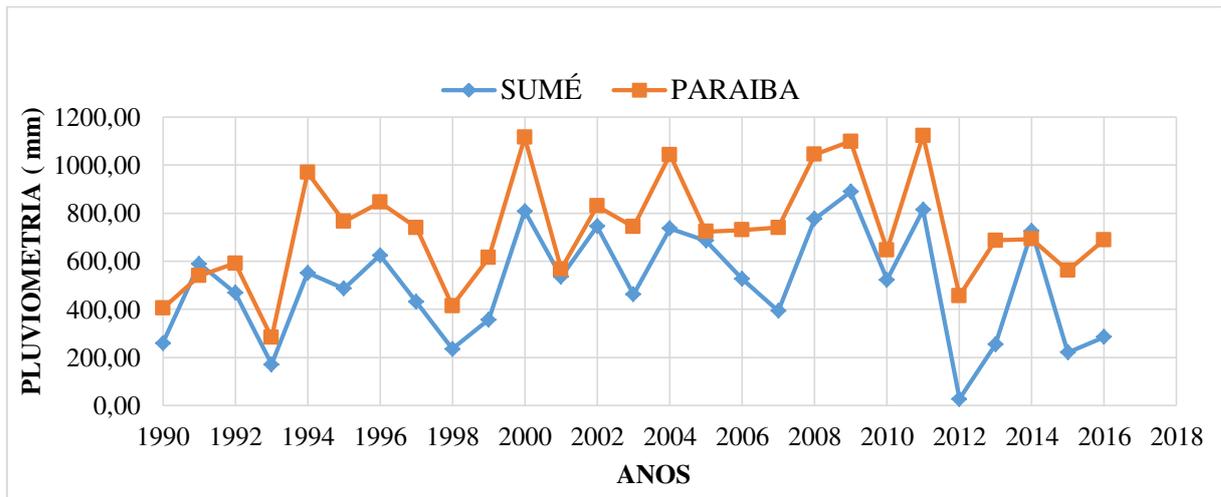


Fonte: autoria própria

5.4 INFLUÊNCIA DO EL NIÑO NAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E NA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE SUMÉ- PB.

A partir da análise do Gráfico 1, pode-se observar que, para o ano de 1990, os índices pluviométricos no município de Sumé foram baixos, com uma precipitação anual de 259,70 mm, ficando abaixo do valor da precipitação anual média histórica para o município, que de acordo com a AESA, (1990), é de 584.9 mm/ano, também abaixo da precipitação média do Estado da Paraíba (404,9 mm). Já no ano de 1991 precipitação pluviométrica do município de Sumé ficou bem acima da precipitação anual média histórica do município e da Precipitação do Estado para este ano.

Gráfico 1. Precipitações pluviométricas anuais do município de Sumé e do Estado da Paraíba para o período de 1990 a 2016..



Fonte: autoria própria.

Enquanto para o ano 1993 foi registrado um dos menores valores da precipitação, período estudado de 1990 a 2016, tanto para o município de Sumé (171,4 mm) quanto para o Estado (283,3 mm). Neste ano a região em estudo estava sob a influência de um evento de El Niño com intensidade forte, o que explica os baixos volumes de chuva registrados.

No período de 1994 a 1996 o fenômeno El Niño passa para uma intensidade moderada, havendo assim um aumento na pluviosidade em relação ao ano anterior tanto no município quanto para o estado. Nos anos de 1995 e 1996 as precipitações registradas encontravam-se dentro da normalidade histórica tanto para o município quanto para o estado.

Já para os anos de 1997 a 1999 que estava sob a influência do evento El Niño de alta intensidade, fazendo com que os índices pluviométricos ficassem abaixo da média histórica para o município de Sumé e também, com pluviosidade abaixo da média histórica anual para o Estado da Paraíba. Resultados semelhantes foi observado por Medeiros, Pereira & Oliveira (2014), em estudos realizados no município de São João do Cariri, na região em questão, analisando a variação dos totais anuais das chuvas históricas para o período de 1911-2010, constatou que nos anos de 1998 e 1999 os índices pluviométricos foram menores que 200,0 mm sendo inferiores à média anual histórica para este município que é de 410,6 mm, com 100 anos de observações.

Já no período de 2000 a 2003 o El Niño foi moderado, refletindo assim em maiores precipitações anuais para o município de Sumé, com valores acima do total anual historicamente registrado para o município, que é de 584,9 mm/ano. Já nos anos de 2001 e 2003 os totais anuais ficaram abaixo do total anual médio histórico do município do Estado.

Medeiros, Pereira & Oliveira (2014), também observou valores acima da média anual histórica de 410,6 mm/ano em São João do Cariri, PB para os anos de 2000 e 2002, com precipitações fluando entre 641,6 mm a 995,0 mm, e com valor abaixo da média para o ano de 2001, sendo inferior a 150 mm.

No período de 2004 a 2009 os valores pluviométricos foram mais altos e regulares que os anos anteriores isso possivelmente, relacionado a fraca intensidade que o fenômeno El Niño se encontrava nesse período. Em 2008 e em 2009 as precipitações foram altas, 777,2 mm e 890,2 mm, respectivamente, acima do total anual médio histórico. Bem como no Estado foram registrados valores acima da média anual histórica.

Em 2010, mesmo com o evento EL Niño sendo de intensidade fraca, os valores das precipitações observados foram abaixo dos totais anuais históricos do município, com 522,9 mm em Sumé e 647,31 mm no Estado da Paraíba. Para o ano de 2011 foi registrado o maior valor pluviométrico para o município (814,7 mm), e para o Estado da Paraíba com 1123,6 mm, para o período avaliado, muito provável devido a fraca intensidade do fenômeno El Niño para esse ano. Já nos anos seguintes, 2012 e 2013, sob a influência do EL Niño de intensidade forte, os valores da precipitação pluviométrica reduziram tanto para o município quanto para o Estado, sendo registrado em 2012 o valor de precipitação pluviométrica mais baixa em Sumé (27 mm), e 456,93 mm no Estado da Paraíba. No ano de 2013 apesar de ter ocorrido um maior volume pluviométrico com média de 254,4 mm em Sumé, e de 686,71 mm no Estado da Paraíba, ambos foram abaixo dos valores médios históricos. Os fenômenos de secas também foram observados pela ANA (2015), para os anos de 2012 e 2013, sendo esses os que apresentaram os maiores números de decretos de eventos relacionados as secas.

No ano de 2014 a precipitação total anual do município de Sumé ficou acima da precipitação média do Estado da Paraíba com uma média de 726,10 mm. Mesmo com essa média alta registrada no município, a ANA (2015), afirma que este ano, destacou-se como de seca extrema na Região, chegando a registrar índices com probabilidade de ocorrer a cada 100 anos. Isso pode ser visto na média do Estado da Paraíba, onde foi inferior ao valor anual histórico, com 692,23 mm.

Em 2015 e 2016 estava mais uma vez sob influência o evento El Niño de intensidade forte, sendo assim, registradas, valores de precipitação abaixo dos totais anuais tanto para Sumé, quanto para a Estado.

Como foi observado, nas CMA para os anos de 1999 e 2015, grande parte da vegetação foi removida, aumentando conseqüentemente, as áreas de solo exposto no município. Essa grande mudança na paisagem pode provavelmente está relacionado a fatores climáticos e

antrópicos, uma vez que a região de estudo enfrenta a pior seca dos últimos 50 anos (Jornal Nacional, 2016), devido ao fenômeno EL Niño. Nessas condições, a produção agrícola e pecuária se tornam limitantes, a vegetação foi retirada para ser comercializada ou utilizada para a fabricação do carvão vegetal e outros usos (Figura 9). Verificou-se também in locu, a morte de muitas espécies vegetais, mesmo as mais resistentes ao estresse hídrico, a exemplo do marmeleiro (*Cydonia oblonga*) e da jurema (*Piptadenia Stipulacea*) (Figuras 10 A e 10 B).

Figura 9. Fabricação de Carvão.



Fonte: autoria própria.

Figura 10. Marmeleiro (A) e Jurema Branca (B) mortas.



(A)



(B)

Fonte: autoria própria.

De acordo com os resultados obtidos por ALENCAR (2004), a distribuição espacial não homogênea das chuvas, como observado na área em estudo nesses últimos anos, traz sérios danos não só a natureza, como também danos sociais e econômicos para a região, como por exemplo, à perda de produção agropecuária e redução da disponibilidade ou ausência de água nos reservatórios, que gera a escassez de água potável. Dessa forma o homem do Cariri paraibano vive sofrendo por falta de água para beber, para plantar e para criar.

6 CONCLUSÕES

A vegetação presente no município de Sumé, caracterizada através do IVDN e analisada quanto à sua dinâmica espaço-temporal, apresenta-se com uma predominância de vegetação rala e solo exposto nas porções norte, central e sudoeste. Estas áreas evoluíram, para o período avaliado, indicado uma redução considerável da vegetação da caatinga no município. Já as áreas de vegetação densa e semidensa predominam, principalmente nas regiões de serra.

Nos anos que ocorreu Evento El Niño de intensidade forte, as precipitações pluviométricas do município ficaram muito abaixo da média histórica da região e consquente redução da cobertura vegetal para o período avaliado. Devido não somente a fatores antrópicos , como também a fatores climáticos, uma vez que muitas plantas não resistiram a sucessivos anos de seca e acabam morrendo, mesmo com a alta adaptabilidade as condições climáticas do semiárido.

7 REFERÊNCIAS

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. 2017. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarAnosChuvadasAnuais>>. Acesso em: 23/04/2017

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA **Climatologias dos postos monitorados**. Campina Grande, 2017. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/medicaoPluviometrica.do?metodo=listarClimatologiasMensais>>. Acesso em: 23/04/2017.

ALENCAR, M. L. S. El Niño de 1997/1998: **Sistemas Hídricos, Degradação Ambiental e Vulnerabilidades Socioeconômica no Cariri Paraibano**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - (BRASIL). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015** / Agência Nacional de águas – Brasil, 2015. 88p.

ASSAD, M. L. L. **Sistemas de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola das terras**. In: Sistema de Informações Geográficas aplicações na agricultura. 1993. Arquivo digital em formato PDF (Portable Document Format). 129 p. 1 CD-ROM.

BOLFE, E. L. **Geotecnologias Aplicadas à Gestão de Recursos Naturais**. In: III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju, 2006. Anais. Pag. 2-2.

BRASIL NATURE - 2015. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.brazilnature.com/caatinga.html>>. Acesso em: 10/04/2015.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, São José dos Campos, 2001. 135p

CHAGAS, M. das G. S. das; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. de M. Avaliação da dinâmica espectral da vegetação de Caatinga em Arcoverde, Pernambuco. **Revista de Geografia**, Recife, v. 25, n. 2. 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. (1999). Modelagem de sistemas ambientais. Edgard Blucher: São Paulo.

CONCEIÇÃO, L. A. B. S. **Diagnóstico Ambiental Através do Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto Como Apoio Para o Planejamento de Unidades Administrativas: O Caso de Osório, RS**. 2004, Dissertação (Mestrado Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia.

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **El Niño e La Niña**. 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 23/04/2017.

CRUZ, F. N. da; BORBA, G. L.; ABREU, L. R. D. de. **Ciências da natureza e realidade: interdisciplinar.** – Natal, RN: EDUFRN Editora da UFRN, 2005. 348 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Brasil - Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de vegetação rodoviária.** - Rio de Janeiro, 2009. 2v. 209p.

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS. 3ª. Diretoria Regional. 1968. **Aproveitamento Hidro agrícola do açude público de Sumé.** Recife. 214p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p. Disponível em: <<http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00053080.pdf>>. Acesso em: 20/02/2017.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Urbanização nos Municípios da Paraíba,** Campinas, 21 mar. 2006a. Disponível em: <<http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br/conteudo/uf/pb.html>>. Acesso em: 20/10/2016.

EIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996. Disponível em: <file:///C:/Users/INFORCELL/Downloads/pab96_06_08.pdf>. Acesso em: 20/07/2017.

FILHO, J. M. P.; SILVA, A. M. A. de; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal,** Salvador, vol.14 n.1. 2013.

FOLHES, M. T. **Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com base em sensores remotos.** (Tese Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2007.

IBAMA, 2005 – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE - **Ecosistemas Brasileiros.** Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/caatinga.htm>> consultado em 13/04/2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bando de dados Atlas. INPE, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br>. Acesso em: 29/09/2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Canal **Cidades@.** Brasília, 2016. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/6U0>>. Acesso em: 15/08/2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Canal **Cidades@.** Brasília, 2016. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/19KT>>. Acesso em: 15/08/2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa Municipal de Sumé – PB.** Brasília, 2010. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/censo_demografico_2010/mapas_municipais_estatisticos/pb/sume_v2.pdf>. Acesso em: 20/08/2017.

INPE - INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. São José dos Campos – São Paulo. 2003. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/Spring>. Acesso em: 29/09/2015.

JORNAL NACIONAL. **Pior seca dos últimos 50 anos no Nordeste mobiliza profetas do sertão.** Edição do dia 09/01/2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2016/01/pior-seca-dos-ultimos-50-anos-no-nordeste-mobiliza-profetas-do-sertao.html>. Acesso em 04/05/17.

KAZMIERCZAK, M. L. 1996. **Uso de Dados AVHRR/NOAA Gac para análise da sazonalidade da caatinga.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, Salvador, 1996. Anais. Salvador.

KIILL, L. H. P. **Caatinga: patrimônio brasileiro ameaçado.** 2011. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/899060/1/Kiill2011.pdf>>. Acesso em: 10/08/2017

LEAL, O.; SÁ, J.U.; MASCARENHAS, J.C. 2000. **Avaliação hidrogeológica preliminar das aluviões do alto vale do rio Moxotó-PE.** Recife: CPRM. 34p.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. **Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN).** Ambi-Agua, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LIRA, V. M.; SILVA, B. B.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, M. S. S.; BEZERRA, M. V. C.; FRANCO, E. S.; CENTENO, C. R. M. **Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar.** Engenharia Ambiental, v. 6, n. 1, p. 113-120, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/INFORCELL/Downloads/EA-2009-183.pdf>. Acesso em: 10/06/2017.

LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P. de. **Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro.** Universidade Federal do Ceará, Departamento de Biologia, Laboratório de Taxonomia de Angiospermas. Fortaleza, 2012; Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Ecologia, Botânica e Zoologia, Laboratório de Sistemática de Fanerógamas. Natal, 2012.

LUCENA, E. M. P. de. **Ecosistemas do Nordeste (semiárido).** 2010. 32p.

MEDEIROS, R. M.; PEREIRA, A. R.; OLIVEIRA, R. C. S. **Climatologia da precipitação no município de São João do Cariri, PB Visando mudanças climáticas.** In: III Encontro de Meio Ambiente UVA/UNAVIDA, 2014, Campina Grande-PB. Anais III Encontro de Meio Ambiente UVA/UNAVIDA, 2014.

MORAES, E. C. de. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto.** INPE São José dos Campos 2002.

MORAES, L. G. B. L.; FRANCISCO, P. R. M.; MELO, J. A. B. **Análise da Cobertura Vegetal das Terras de Regiões Semiáridas com o Uso de Geotecnologias. Polêmica Revista Eletrônica,** Rio de Janeiro, v. 13, n.3. Julho/setembro de 2014.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F. DEL B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansions changes dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, p. 14637-14641, 2006.

NOGUEIRA, S. F. **Geotecnologias para Identificação e Monitoramento de Processos de Degradação em Pastagens no Brasil**. EMBRAPA – Monitoramento por Satélite. 2012.

OLIVEIRA, M. S. da. **Análise da Aplicação de Geoprocessamento no Gerenciamento de Áreas de Risco de Movimentos de Massa**: Estudo de Caso de Santos/SP. 2011, Monografia (Bacharel em Geografia). Universidade Federal de Viçosa Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes Departamento de Geografia.

OLIVEIRA, W. M. de; CHAVES, I. de B.; LIMA, E. R. V. de. **Índices espectrais de vegetação de caatinga em um Neossolo Litólico do semiárido paraibano**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009, INPE, 2009. p.2103-2110. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.00.32/doc/2103-2110.pdf>>. Acesso em: 20/07/2017.

PARAIBA, E. da. **Levantamento Exploratório- Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba**. EMBRAPA Solos, UEP Recife 1972. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>>. Acesso em: 04/05/2017.

PDRH-PB. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba**. João Pessoa/PB: SEMARH/ Governo do Estado da Paraíba. 1996 (CD-ROM).

PRADO, D. E. **As Caatingas da América do Sul**. In: (Org.) Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. da. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. Cap.1. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/203/_arquivos/5_livro_ecologia_e_conservao_da_caatinga_203.pdf>. Acesso em: 02/09/2015.

RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.; JÚNIOR, J. C. F. M. de; CANDEIAS, A. L. B.; FILHO, J. A. S. de. **Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Avaliação de Áreas Degradadas e Potenciais Para Unidades de Conservação**. Ln: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010, p. 001 – 006.

REDDY, S. J., 1983. **Climatic classification**: the semi-arid tropics and its environment a review. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 823-847, ago. 1983. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/132996/1/79041.pdf>>. Acesso em: 25/08/2017.

ROCHA, W. F.; SILVA, A. B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J. M.; ROCHA, C. C. **Levantamento da Cobertura Vegetal e do Uso do Solo do Bioma Caatinga**. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente). Universidade Estadual de Feira de Santana / UEFS. Feira de Santana – Bahia, 2007.

SAMPAIO, E.V.S.B. 2003. **Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas.** In: V.C. Sales (ed.). *Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação.* Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, pp. 129-142.

SANTOS, A. M.; GALVÍNIO, J. D.; MOURA, M. S. B. Os recursos hídricos e as mudanças climáticas: discursos, impactos e conflitos. **Revista Geográfica Venezuelana**, Mérida, v.51, n.1, p.59-68. Dezembro. 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24490/1/Magna-2010.pdf>>. Acesso em: 20/07/2017.

SHAO, G.; ZHAO, G.; ZHAO, S.; SHUGART, H. H.; WANG, S.; SCHALLER, J. 1996. Forest cover types derived from Landsat Thematic Mapper Imagery for Changbai Mountain area of China. **Canadian Journal of Forest Research**, 26:206-216.

SILVA, B. B. DA.; BRAGA, C. C.; BRAGA, A. C. **Determinação da Produtividade Primária Bruta da Bacia do Taperoá-pb e Perímetro Irrigado São Gonçalo-PB por Sensoriamento Remoto.** (Org.) Silva B. B. da. *Aplicações Ambientais Brasileiras com Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.* Campina Grande, 2013. Cap.1.

SILVA, M. C. da. **O Uso de Índices Climáticos Para a Análise da Susceptibilidade a Desertificação nos Cariris Paraibanos /** Marília Cezyane da Silva. 68f, 22 ed., pp. 68. Geografia. Guarabira – PB. Universidade Federal da Paraíba UEPB, 2012.

SOUSA, B. I. de. **Cariri Paraibano: Do Silêncio do Lugar à Desertificação.** 2008. 198 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociência. Programa de Pós - Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS – BR, 2008.

SOUSA, B. I. de; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. de. Desertificação e Seus Efeitos na Vegetação e Solos do Cariri Paraibano. Mercator - **Revista de Geografia da UFC,** Fortaleza, Brasil, vol. 8, núm. 16, pp. 217-232. 2009.

SOUSA, M. A. de; RIBEIRO, R. J. C. da; CARNEIRO, P. J. R. **Aplicações do sensoriamento remoto e do geoprocessamento.** Estudo de caso: bacia do rio do Sono, TO – Brasil. Ln: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril de 2009, Anais. Pag. 2241-2242.

SOUSA, R. F. de. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semiárido paraibano.** 2007. 180p. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande. 2007.

SOUZA, B. I. **Contribuição ao estudo da desertificação na bacia do Taperoá-PB.** 120 p. Dissertação de Mestrado. PRODEMA-UFPB, João Pessoa, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662004000200019>. Acesso em: 20/05/2017.

TROVÃO, D. M. de, et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.3, p.307–311, jan. 2007. Disponível em < <http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

VASCONCELOS, J. **Plano de Divulgação do Bioma Caatinga**. Brasília/2011. 19p.

VELASCO, G.D.N.; POLIZEL, J.L.; COLTRI, P.P.; LIMA, A.M.; SILVA FILHO, D.F.; Aplicação do índice de Vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em imagens de alta resolução no município de. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, São Paulo, v.2, n.3. 2007.

WWF – Brasil, 2016 – **O Bioma Caatinga**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_caatinga/>. Acesso em: 11/12/2016.