



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ISRAEL PEDRO AVELINO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS DE SOLO, ÁGUA E VEGETAÇÃO DE UMA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS/AÇU**

ANGICOS/RN
2018

ISRAEL PEDRO AVELINO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS DE SOLO, ÁGUA E VEGETAÇÃO DE UMA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS/AÇU**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Conselho do Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito parcial para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto

ANGICOS

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586 Silva, Israel Pedro Avelino .
c CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS DE SOLO, ÁGUA E
VEGETAÇÃO DE UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
PIRANHAS/AÇU / Israel Pedro Avelino Silva. -
2018.
47 f. : il.

Orientador: Osvaldo Nogueira de Sousa Neto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Índice de vegetação. 2. Análise ambiental.
3. Sub-bacia. 4. Processos Erosivos. I. de Sousa
Neto, Osvaldo Nogueira , orient. II. Título.

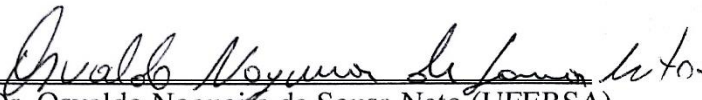
O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS DE SOLO, ÁGUA E VEGETAÇÃO DE UMA
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS/AÇU**

Trabalho de conclusão de curso
apresentada a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido - UFERSA, Campus
Angicos, para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 17/09/2018.

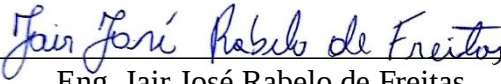
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Rafael da Costa Ferreira (UFERSA)
Membro Examinador



Eng. Jair José Rabelo de Freitas
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me guiar e me dar a sabedoria necessária para a elaboração desse trabalho, e por ter me dado força em todos os momentos para percorrer a longa jornada que foi o curso.

Agradeço também aos meus pais, **FRANCISCO CLESIO SILVA** e **MARIA ALICE DA COSTA AVELINO**, por terem sempre me apoiado e me ensinado os valores morais e formado a construção do meu caráter para ser um ser humano melhor. Por todos os sacrifícios que fizeram para me manter sempre focado nos estudos e nunca me deixarem desamparado. Agradeço por tudo, pois sem eles eu não conseguiria chegar até aqui.

Agradeço a todos os meus familiares em nome dos meus irmãos **Clara Alicia Avelino Silva** e **Emanuel Felipe Avelino Silva**, que sempre torceram por mim e acreditaram que eu era capaz.

Agradeço a minha namorada **Rayslla Mayara Vianna Da Silva**, por sempre acreditar em mim e estar comigo em todos os meus momentos de angústia e principalmente, os momentos de alegrias como esse.

Agradeço ao meu orientador **Oswaldo Nogueira De Souza Neto**, que acreditou que eu era capaz, e principalmente, confiou em mim para realizar este trabalho. Agradeço também por servir de exemplo não só como professor, mas também como pessoa.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial ao nosso grupo **Pé de Cueco**, por se fazerem presente comigo em todos esses anos.

Agradeço a todos os meus amigos que fiz dentro faculdade durante esse período, por nunca me deixarem desistir e me incentivarem cada vez mais a estudar.

“A todos aqueles que adentraram no sertão e
descobriram o quanto é bela a harmonia das
suas incertezas.”
(Eunice Andrade)

RESUMO

No semiárido brasileiro os processos erosivos e de desertificação dos solos de entorno de rios e de sub-bacias é cada vez mais comum, uma vez que o mal uso e ocupação desta região traz consequências severas aos reservatórios instalados nesses trechos. Este trabalho teve como objetivo caracterizar o solo, relevo e a vegetação de uma sub-bacia hidrográfica localizada na mesorregião do central potiguar. A partir do Índice de vegetação por diferença normalizada, foi possível fazer uma análise da cobertura vegetal de uma sub-bacia do rio Piranhas/Açu e constatado seu alto risco ao assoreamento. Mapas de solo e declividade são de extrema importância para a caracterização do solo e sua capacidade uso, assim sendo possível conhecer os limites de uso e ocupação do solo da região. Com base nesses parâmetros foi possível fazer uma descrição do estado de conservação ambiental, mostrando a degradação da cobertura vegetal da região de influência da barragem Boqueirão Angicos, que fica localizada nos limites municipais da cidade de Afonso Bezerra/RN e na microrregião angicos, assim descrevendo suas qualidades e deficiências provenientes de sua localidade. Analisando o índice de vegetação percebe-se que toda a região de influência da barragem apresenta sérios problemas de degradação com altos níveis de solo exposto, tornando-se cada vez mais propícia aos processos de desertificação.

Palavras-Chave: Índice de vegetação; Análise ambiental; Sub-bacia; Processos Erosivos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Esquemático Do Ciclo Hidrológico	16
Figura 2 - Mapa De Localização Da Barragem	23
Figura 3 - Bacia Hidrográfica Do Rio Piranhas/Açu.....	26
Figura 4 - Mapa De Solo Da Região De Interesse	30
Figura 5 - Mapa De Declividade	35
Figura 6 - Modelo Digital De Elevação (MDE) – Perfil Em 3D.....	36
Figura 7 - NDVI Da Área De Contribuição	38
Figura 8 - Modelo Digital De Elevação (MDE) – NDVI Perfil Em 3D.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos E Distribuição Ao Longo Da Bacia Hidrográfica Da Bacia Piranhas/Açu...	21
Tabela 2 - Características Técnicas Da Barragem.....	28
Tabela 3 - Área Colhida E Quantidade Produzida Dos Principais Produtos Agrícolas – 2006	33
Tabela 4 - Classe De Declividade.....	34
Tabela 5 - Intervalos De Classes E Seus Respectivos Alvos De Superfície	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS
ASF	ALASKA SATELLITE FACILITY
CBDB	COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS
CIGB	COMISSÃO INTERNACIONAL DE GRANDES BARRAGENS
DNOCS	DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
EMBRAPA	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IDEMA	INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE
IVP	INFRAVERMELHO PRÓXIMO
MDE	MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO
ND	NÚMERO DIGITAL
NDVI	ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA
PNRH	PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS
SINGREH	SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
SRTM	MISSÃO DE TOPOGRAFIA DE RADAR DE TRANSPORTE
USGS	SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS
V	VERMELHO

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivos gerais	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 RECURSOS HÍDRICOS.....	16
2.1.1 Uso Consultivo:.....	16
2.1.2 Uso não consultivo:.....	16
2.2 CICLO HIDROLÓGICO	16
2.3 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	17
2.4 BARRAGEM.....	17
2.5 USO DA TECNOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DO SOLO.....	19
2.6 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO	19
2.7 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE).....	20
2.8 CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DO RIO GRANDE DO NORTE.....	21
2.9 CLASSIFICAÇÃO DA DECLIVIDADE QUANTO AO USO	22
3. METODOLOGIA	23
3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
3.2 PRÉ-PROCESSAMENTO E PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS	24
3.2.1 Reprojeção das bandas espectrais	24
3.2.2 Conversão dos valores Número Digital – ND das imagens para a refletância	24
3.2.3 Cálculo do índice de vegetação NDVI	25
3.2.4 Elaboração do modelo digital de elevação (MDE).....	26
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	26
3.4 BARRAGEM BOQUEIRÃO ANGICOS.....	27
3.5 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 MAPA DE SOLO.....	29
4.1.1 Caracterização dos solos dentro dos limites municipais.....	29
4.1.2 Análise do solo da área de contribuição da barragem.....	32
4.1.3 Culturas adequadas ao Planossolo.....	32

4.2 ANÁLISE DO RELEVO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DA BARRAGEM	33
4.2.1 Estudo da declividade em volta da região de influência de barragem	34
4.3 ANÁLISE DO ESTADO DA VEGETAÇÃO EM TORNO DO RESERVATÓRIO	36
4.3.1 Avaliação do NDVI	37
4.4 MEDIDAS MITIGADORAS	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

A região nordeste do Brasil é caracterizada pelo seu clima Tropical Semiárido, onde as altas temperaturas e a má distribuição das precipitações pluviométrica, além das consequências geradas pelo fenômeno El Niño, que é um intensificador das secas da região, são particularidades desse território e parte de sua personalidade. Desde o período colonial as dificuldades encontradas nos regimes de seca já inquietavam seus governantes em busca de alternativas para combater este revés. O Imperador Dom Pedro II, na década de 1880, logo após a grande seca que ocorreu na região, elaborou algumas medidas para amezinhar esses efeitos, entre elas estavam a implantação de estradas que davam acesso ao litoral e a construção de barragens para atender as necessidades humanas, animais e agrícolas. Esse fato foi um marco para a inserção do planejamento de construção de grandes barragens no Brasil. (CBDB, 2011).

A barragem mais antiga construída em território brasileiro foi implantada onde hoje é a área urbana da cidade de Recife, PE, esta obra é datada de meados do século XVI e sua referência consta em documentos holandeses do ano de 1577. Desde então, diversas barragens foram construídas com o objetivo de minimizar os efeitos das secas. Entre as décadas de 50 e 60 foi o período mais importantes para a construção de barragens, contudo no final do século XX, o DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) finalizou o que seria sua última obra, a barragem Castanhão, cuja sua finalidade principal era o abastecimento de água da cidade de Fortaleza, CE (CBDB, 2011).

Levando em consideração que a água é, além de uma necessidade, uma condição para a sobrevivência do homem, ela não se restringe apenas ao uso humano, animal e agrícola, ela também é a principal matéria prima da indústria. Em várias regiões se faz necessário a construção de estruturas que possibilitem a retenção ou barramento de um fluxo de água para poder atender a estas necessidades. Uma destas estruturas são as Barragens, que é uma obra construída pelo homem para fazer uma interceptação em um curso de água e possui diversos fins, entre eles os principais são o abastecimento humano e a irrigação agrícola, contudo, também podem ser utilizadas para a geração de energia, controle de cheias, entre outros fins.

Os fenômenos conhecidos por seca e estiagem, são caracterizados pela ausência, escassez, quantidade limitada e má distribuição das precipitações pluviométrica. Do ponto de vista meteorológico, as secas são estiagens que se prolongam, causando danos as reservas hídricas existentes na região. Estes eventos duram um período de tempo relativamente grande e afetam principalmente os setores agrícola e pecuário da região nordeste do Brasil, sendo capaz

de proporcionar efeitos negativos a nível local, regional, ou até mesmo nacional (JANAINA, 2015).

Diante de todos os fatores climáticos existentes na região nordeste, e trazendo esta realidade mais próximo ao interior do estado do Rio Grande do Norte, o DNCOS iniciou a construção do Açude Pataxó no ano de 1951 e vindo a finalizá-lo no ano de 1954. O açude Pataxó, localizado na cidade de Ipanguaçu, RN, foi construído com a finalidade de regularizar o Rio Pataxó, proporcionando a irrigação da várzea a jusante (DNOCS, 2015). Paralelamente a esse açude, a barragem Boqueirão Angicos poderia também vir a ter um uso semelhante, visto que ambas apresentam volumes equivalentes e compartilham a mesma bacia hidrográfica.

Através das adversidades climáticas analisadas, que a região do nordeste tem uma predisposição para oferecer, observa-se que é preciso utilizar ao máximo dos mecanismos já existentes para minimizar os efeitos das secas. Situada na cidade de Afonso Bezerra, RN, a barragem Boqueirão Angicos vem sendo má utilizada por não oferecer um plano de uso das suas águas. Visto que nenhum estudo semelhante foi realizado sobre a barragem, esta pesquisa é pioneira. Portanto, é de suma importância para a sua região de influência que se realize um estudo com o objetivo de caracterizar a vegetação, relevo e solo no entorno da sub-bacia. Assim, a proposta deste trabalho é realizar uma pesquisa para verificar o estado ambiental de sua área de influência.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos gerais

Realizar um estudo de caracterização e diagnóstico dos recursos solo, água e vegetação de uma sub-bacia hidrográfica do rio piranhas/açu.

1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer a caracterização do solo, relevo e vegetação da área de contribuição da barragem
- Identificar possíveis culturas que podem ser utilizadas para produção agrícola e/ou recuperação do solo;
- Verificar aptidão agrícola da região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com Poleto (2014), Recursos Hídricos são as águas que se encontram em circulação, acima (águas superficiais – rios, lagos e lagoas), ou abaixo (águas subterrâneas – nascentes naturais e lençóis freáticos) do solo. A disponibilidade hídrica está diretamente ligada ao nível e da distribuição da precipitação ao longo do ano. Os Usos dos recursos hídricos se dividem em dois Grupos:

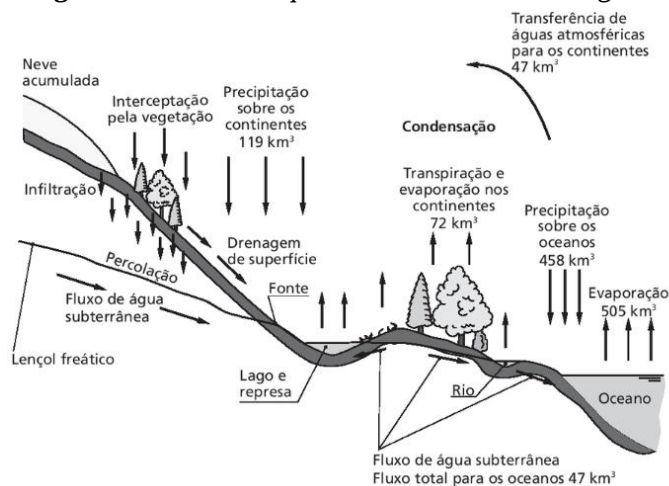
2.1.1 Uso Consultivo: Segundo o autor, uso consultivo é aquele em que a água captada de uma fonte natural retorna apenas parcialmente na forma de escoamento, alterando qualitativamente ou quantitativamente a água disponível para outros usuários. Por exemplo, A irrigação, onde a maior parte volta a atmosfera pela evapotranspiração.

2.1.2 Uso não consultivo: Ainda segundo o autor mencionado anteriormente, o uso não consuntivo, é aquele em que toda a água retirada de sua fonte natural retorna ao fluxo de origem, não alterando de forma significativa a quantidade de água disponível. Como por exemplo, geração de energia elétrica, onde há perdas apenas pela evaporação do reservatório.

2.2 CICLO HIDROLÓGICO

Segundo TUNDISI E TUNDISI (2011), ciclo hidrológico é um modelo de representação do continuo movimento das águas que alternam entre suas três fases: sólida, líquida e gasosa (Figura 1). O ciclo hidrológico se divide em seis partes:

Figura 1 - Modelo esquemático do ciclo hidrológico



FONTE: TUNDISI E TUNDISI (2011), p. 30.

Precipitação: É uma das principais formas de inclusão da água da atmosfera a superfície da terra. Está pode vir em dois estados, Líquido (Chuva), sólida (Neve, gelo).

Evaporação: É o processo oposto a precipitação, onde as águas mudam da fase líquida para a fase gasosa (Vapor de água). Os oceanos são os que representam a maior parcela na evaporação; Em lagos, rios e represas acontece o mesmo fenômeno, entretanto com menos incidência

Transpiração: Processo em que as plantas perdem água em forma de vapor.

Infiltração: É o sistema que o solo utiliza para absorver água.

Percolação: Método em que a água se infiltra nos solos e formações rochosas até chegarem aos lençóis freáticos.

Drenagem: Transporte da água acumulada na superfície durante as chuvas.

2.3 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com ANA (2018), fundada pela lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, conhecida por Lei das águas, a Política nacional de recursos hídricos estabelece métodos para o gerenciamento dos recursos hídricos a nível federal. A partir do PNRH também criou-se o SINGREH (Sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos), que são um conjunto de órgãos que são responsáveis por executar a Política nacional das águas.

Os principais objetivos do SINGREH são:

- Coordenar a gestão integrada das águas;
- Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados aos recursos hídricos;
- Planejar, regular e controlar o uso, bem como a recuperação dos corpos d'água;
- Promover a cobrança pelo uso da água.

2.4 BARRAGEM

Segundo o CBDB (2013), Barragens são bloqueios artificiais construídos pelo homem para interceptar um fluxo de água, ou qualquer outro líquido, rejeitos e detritos, para armazenamento ou controle. Historicamente, as barragens vêm servindo de fonte confiável de água para a população há pelo menos 5 mil anos. Estas estruturas têm sido indispensáveis para a indústria, fazendas, irrigação e produção de alimentos, pois permitem o armazenamento de água doce nos períodos chuvosos, para virem a ser usadas nos períodos secos.

2.4.1 Benefícios do recebimento de barragens

De acordo com o CIGB (2007), Um dos principais fatores que agregam ao desenvolvimento socioeconômico de uma cidade, região ou país, é o suprimento quantitativo e qualitativo disponível de água para uso. As barragens e reservatórios são estruturas que possibilitam a vazão contínua de água e energia, mediante as variações do ciclo hidrológico. Dessa forma, garantindo de forma consistente o abastecimento nos períodos de escassez. Além disso, essas construções acrescentam alguns outros benefícios para a região em que são construídas.

Suprimento de água para uso doméstico e industrial: os reservatórios complementam a demanda de água captada dos lençóis freáticos, e a utilização das estruturas para o uso de abastecimento doméstico, tem se tornada cada vez mais essencial, principalmente em regiões áridas. Estas regiões têm seus períodos chuvosos mal distribuídos ao longo do ano, por isso o armazenamento de água nos períodos de precipitação é importante para serem usados nos períodos secos. A indústria é responsável por cerca de 18% do consumo de água no Brasil. Este consumo vai desde uso na fábrica a processos químicos. Também são usadas para fazer a diluição de substâncias que são despejadas de volta aos rios (CIGB, 2007).

Agricultura: No mundo, cerca de 69% das águas consumidas são destinadas a agricultura. No Brasil esse percentual não é muito diferente, estima-se em média um consumo de 68% (BICUDO E TUNDISI, 2010). Estima-se também que até 2025 80% da produção de alimentos virá de terras irrigadas (CIGB, 2007).

Controle de enchentes: As barragens e reservatórios, também podem ser utilizadas para controle de cheias. Elas armazenam temporariamente o volume excessivo do rio, para vir a liberá-lo posteriormente (SÓRIA, 2011)

Geração de energia hidrelétrica: O conceito do uso de uma turbina conectada a um eixo, movido pela força da água gerando energia elétrica, é o princípio da hidroeletricidade. Como a água não é consumida no processo, esta fonte de geração é considerada renovável, pois a água continua disponível para ser utilizada após ser descarregada pela usina (Sória, 2011).

Recreação: No planejamento de sua construção, algumas barragens também são projetadas para proporcionar um local de lazer. Algumas finalidades são: passeios de barcos, natação e pesca (CIGB, 2007).

2.5 USO DA TECNOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DO SOLO

Mapas de uso do solo tem uma grande importância por demonstrar a partir da interpretação de imagens de satélites a separação do manejo de uma área para pastagem, agricultura, vegetação nativa, cursos de rios e outras feições. Estes mapas também indicam áreas de risco e áreas que já foram degradadas de forma intensiva, possibilitam também a distinção entre variações decorridas de forma natural e as provocadas pela ação humana (SANTOS E PETRONZIO, 2011).

De acordo com o mesmo autor, a análise de uso do solo busca conhecer a forma com que região em estudo é utilizada, com isso permitindo caracterizar as interações do homem com o meio ambiente, elaborando em forma de uma representação espacial essas interações. Com isso, essa análise pode vir a ser usada como uma forma de suporte a tomada de decisões quanto ao planejamento e ao desenvolvimento sustentável, visto que o espaço está em constante mudança devido as necessidade e atividades humanas.

2.6 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Para a elaboração de mapas que visam o estudo da cobertura vegetal de uma determinada área, as principais faixas adotadas são a do Vermelho (V) e do Infravermelho Próximo (IVP), devido as diferentes respostas espectrais da vegetação nessas faixas. O comportamento que a vegetação interage com a região do vermelho (V) é caracterizado pela absorção de energia, com isso, esse tipo de ocorrência gera imagens de tons mais escuros proporcional a densidade da vegetação. As áreas mais densas apresentam imagens mais escuras, com tons de cinza próximo ao preto, as menos densa apresentam cores mais claras pela interação com o solo. A região do Infravermelho (IVP) é caracterizada como sendo o oposto da vermelha, a cobertura vegetal tende a refletir esse tipo de energia, gerando imagens de cores claras (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

O contraste entre as imagens com essas bandas espectrais, pode ser estudado de forma a gerar uma nova imagem que indica o comportamento distinto entre o solo exposto (absorção) e vegetação (reflectância). Um índice bastante utilizado para verificar as condições da vegetação através do sensoriamento remoto é o NDVI, sigla em inglês para *Normalized Difference Vegetation Index*, que em tradução livre significa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. As imagens de NDVI apresentam reflectância máxima em áreas de vegetação

densa (principalmente florestas) e máxima absorção em áreas com sem cobertura vegetal (solo exposto) e comportamento mediano em locais com vegetação intermediária (PEDRA DE ABREU E COUTINHO, 2014)

A equação usada para a obtenção desse índice é dada pela diferença entre as bandas espectrais 4 (Vermelho) a banda 8 (infravermelho próximo), dividido pela soma das duas refletância (Equação 1).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

Onde:

NIR = Refletância referente a banda 8;

RED = Refletância referente a banda 4.

Os valores obtidos variam entre -1 e 1, onde os valores próximos de 1, indicam áreas com maior densidade vegetal, e quanto próximo de -1 maior o indicio de solo exposto e rochas.

2.7 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE)

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma ferramenta matemática/computacional que permite uma visualização topografia do terreno em um plano tridimensional, permitindo identificar as variações de altitude de uma determinada área. O modelo é gerado dentro de um plano cartográfico em um conjunto de coordenadas X, Y e Z, sendo essa última a que contém os atributos responsável pela representação das altitudes e profundidades referentes a elevação.

No ano de 2000 ocorreu a missão chamada *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que foi responsável pela obtenção dos dados de altimetria ao redor do globo terrestre. O propósito da missão foi criar um banco de dados digitais necessário para a elaboração de um modelo digital de elevação das terras continentais. Os dados disponibilizados em formato raster pela *United States Geological Survey* (USGS) inicialmente com resolução vertical de 30m para os Estados Unidos, e resolução de 90m para as outras diversas localidades, entretanto, em 2014 o então presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, disponibilizou os dados com resolução de 30m para todas as localidades.

A obtenção desses dados possibilitou a o conhecimento prévio dos relevos de diversas regiões permitindo assim a avaliação para que se desenvolva o máximo potencial para o mapeamento da vegetação de forma padronizada. Esses dados também se fazem muito uteis na

determinação da capacidade de uso e ocupação do solo, pois tendo em visto o conhecimento do relevo podem ser implantadas medidas de prevenção e recuperação de áreas degradadas por ações antrópicas, ou naturais.

2.8 CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DO RIO GRANDE DO NORTE

O Rio Grande do Norte compreende uma área de aproximadamente 53.306,8 km², e cerca de 95% do território está dividido em três climas: Semiárido (57%), árido (18%) e sub-árido (20%). O Estado é caracterizado como um dos principais Estados do Brasil com maior suscetibilidade a desertificação, além disso 60% do território é formado por rocha cristalina aflorada e a maior parte do solo é do tipo rasa, com predominância dos Litossolos, Luvisolo, Planossolos, cambissolos e aluvião. (SZILAGY, 2007)

A tabela a seguir apresenta a predominância dos tipos de solo, junto com a área e os percentuais de distribuição ao longo da bacia hidrográfica da bacia Piranhas-Açu.

Tabela 1 - Tipos e distribuição ao longo da bacia hidrográfica da bacia Piranhas/Açu

Classes de Solos	Área	
Luvisolo	6.136,9	35,1
Solos Litólicos Eutróficos	5.080,0	29,0
Planossolo	1.304,9	7,5
Cambissolo Eutrófico	976,4	5,5
Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	886,9	5,0
Latossolo Amarelo Distrófico	884,5	5,0
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	449,3	2,5
Solos Aluviais Eutróficos	392,5	2,2
Gleissolos Sálcos	307,5	1,8
Outras classes	87,6	0,7
Lagoas/Açudes	992,0	5,7
Total	17.498,5	100,0

Referência: Relatório HE-1358-R03-0397.

A vegetação que recobre o solo potiguar em torno de 80% é caracterizada como do tipo Savana-Estépica-arbustiva-caducifólia com um alto nível de xerofitismo (caatinga), onde tem predominância das espécies como: Angico (*Piptadenia macrocarpa Benth.*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis Tul.*), Craibeira (*Tabebuia caraíba Mart.*), Facheiro (*Cereus squamosus Guerke*), Imburana (*Bursera leptophloeos Engl.*), Jurema Preta (*Mimosa hostilis Mart.*), Marmeleiro (*Cróton sincorensis Mart.*), Mandacaru (*Cereus jamacaru*), Mufumbo

(*Combretum leprosum* Mart.), Quichabeira (*Bumélia sartorum* Mart.), Xiquexique (*Pilocereus gounellei* Weber) (SZILAGY, 2007).

2.9 CLASSIFICAÇÃO DA DECLIVIDADE QUANTO AO USO

A análise da declividade irá mostrar a forma com que o relevo se comporta evidenciando sua inclinação superficial, isso irá implicar na forma com que se dará o uso daquela determina área (GUERRA, 2012).

BALENA et al. (2008), classifica o uso do solo em sete diferentes tipos que são:

Classe I – Terras com declividade entre 0 e 5% são classificadas como sendo cultiváveis de forma permanente e segura, tendo colheitas anuais de médias a elevadas e não restringem seu uso a máquinas agrícolas como tratores de roda.

Classe II – Terras com declividade entre 5 e 10% podem ser utilizadas para lavouras mecanizadas, desde que adotada medidas de conservação do solo, entretanto solos com esses níveis de declividades são propensos a processos erosivos e enxurradas.

Classe III – Valores de declividade entre 10 e 15% ainda permitem o cultivo da terra, entretanto é necessário a adoção de medida intensivas para o controle da erosão.

Classe IV – São terras passíveis do cultivo de lavouras de forma manual, seu nível de declividade, que varia entre 15 e 20%, geram severos processos erosivos que necessitam de faixas de proteção da erosão ou cordões de vegetação permanente e inviabiliza a mecanização.

Classe V – Está classe cultivada com plantios anuais, são adaptadas para fruticulturas. Apresentam solos rasos e declividades que variam entre 20 e 45%.

Classe VI – Terras que não são permitidas as culturas anuais, além de apresentar altas limitações quanto ao seu uso mesmo para pastagem ou até mesmo reflorestamento. Seus níveis de declividade que variam de 45 a 70% restringem seu uso mesmo com a adoção de práticas especiais.

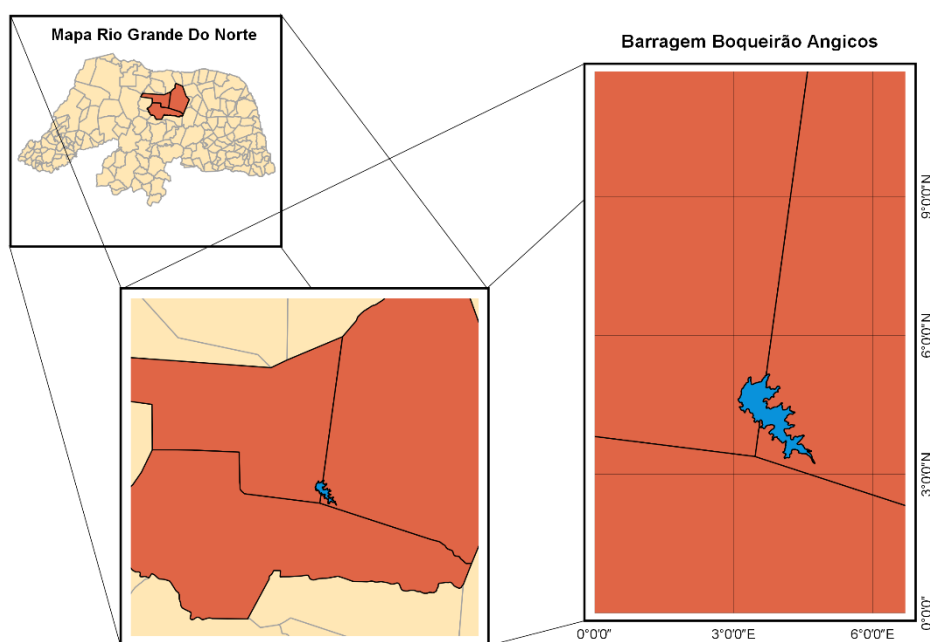
Classe VII – Áreas indicadas apenas para a conservação da cobertura vegetal. Apresentam declives muito íngremes, com valores superiores a 70%.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na Barragem Boqueirão Angicos, localizada na cidade de Afonso Bezerra distante 168 km da capital potiguar, situada na mesorregião do central potiguar e microrregião Angicos. A cidade compreende uma área de 576,2 km² e altitude média de 62m, apresenta temperaturas medias em torno de 27°C e humidade relativa anual de 70% segundo dados do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. (IDEMA, 2008)

Figura 2 - Mapa de localização da barragem



Fonte: Autoria Própria (2018)

A área delimitada compreende as cidades de Afonso Bezerra, Pedro Avelino e Angicos, entretanto para fins de pesquisa foi compreendido apenas a região dentro dos limites municipais da cidade de Afonso Bezerra.

A região possui vegetação característica com predomínio da Caatinga Hipoxerófila, uma vegetação de clima semi-árido, que apresenta arbustos e árvores com espinhos e de aspecto menos agressivo do que a Caatinga Hiperxerófila. Entre outras espécies destacam-se a catingueira, angico, baraúna, juazeiro, marmeleiro, mandacaru e aroeira. A Caatinga Hiperxerófila que é de caráter seco com abundância de cactácea e plantas de porte mais baixas

e espalhadas. Entre outras espécies destacam-se a jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro (IDEMA, 2008).

Para a elaboração, caracterização e mapeamento da área estudada, foi utilizada para a confecção do índice de vegetação imagens do satélite Sentinel 2, pois este possui resolução espacial de 10 m para as bandas 4 e 8 que implicará em uma imagem final mais rica em detalhes devido a sua melhor precisão. As imagens foram obtidas a partir no Serviço Geológico dos Estados Unidos - United States Geological Survey (USGS), como também no site www.remotepixel.ca, e processadas por meio da utilização do software QGIS (Quantum GIS), versão 2.18.19. Em posse das imagens foi feita uma análise da cobertura vegetal por meio do NDVI em torno dos limites municipais das cidades de Afonso Bezerra, Pedro Avelino e Angicos, com ênfase na sub-bacia que situam-se ao redor da Barragem em estudo. As imagens de NDVI foram obtidas a partir das Bandas 4 e 8 do satélite Sentinel 2, referentes as bandas do Vermelho (V) e do Infravermelho Próximo (IVP).

3.2 PRÉ-PROCESSAMENTO E PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS

3.2.1 Reprojeção das bandas espectrais

A princípio as imagens de formato raster e as camadas vetoriais do tipo shapfile, foram georreferenciadas para a projeção Sirgas 2000, está é mais aconselhável por ser o sistema de coordenadas mais usado na américa latina e permite uma maior precisão no mapeamento do território brasileiro (IBGE, 2018). Com a auxilio do software (QGIS versão 2.18.19), foi adotado o Sistema de Coordenadas UTM Zona 24S, e código EPSG: 31984.

3.2.2 Conversão dos valores Número Digital – ND das imagens para a refletância

Antes de calcular o NDVI um pré-processamento foi aplicado as bandas espectrais afim de diminuir as interferências atmosféricas. As bandas 4 e 8, responsáveis pelo Vermelho e Infravermelho Próximo, respectivamente, passaram pela conversão de ND – Número Digital para reflectância, esse processamento irá transformar os pixels em tons de cinza das imagens para valores de reflectância. O método usado para a correção, foi o proposto por Chavez (1988

e 1989), denominado de DOS1 (*Dark Object Subtraction*). É um método de correção do espalhamento atmosférico no qual são usados os valores de número digital dos satélites para estimar a interferência atmosférica. Dando continuidade ao processamento, foi utilizado o Plug-in *Semi-Automatic Classification Plugin*, para fazer a correção. Afim facilitar o processamento, as bandas foram recortadas previamente para a delimitação municipal da área de estudo

3.2.3 Cálculo do índice de vegetação NDVI

Obtido a partir da equação 1, o NDVI será aplicado a cada par de pixel das bandas espectrais do Vermelho e do Infravermelho Próximo, gerando uma imagem onde o valor de cada pixel irá variar em um intervalo compreendido entre $[-1,1]$. Foi produzida uma imagem da área de estudo mostrando a variação desses valores no intervalo adotado, onde os valores mais próximos de -1, realçados na cor branca, irão mostrar as áreas em que o solo se apresenta exposto não havendo presença de vegetação, e quanto mais próximo de 1, evidenciado na cor preta, mostrará a região com maior densidade vegetal, nesse caso a imagem original é classificada em escala monocromática de cinza.

Em seguida, a imagem foi classificada em uma rampa de cores dividida entre o vermelho, amarelo, laranja e verde, onde quanto mais próximo do vermelho maior a evidencia de nuvens, corpos hídricos e rochosos. Quanto mais escuro o tom de verde maior será a cobertura vegetal daquela porção de terra, o amarelo e laranja são valores intermediários com níveis que variam de moderado a solos expostos. Com essa imagem classificada teremos noção da quantidade de área com predominância ou escassez de vegetação.

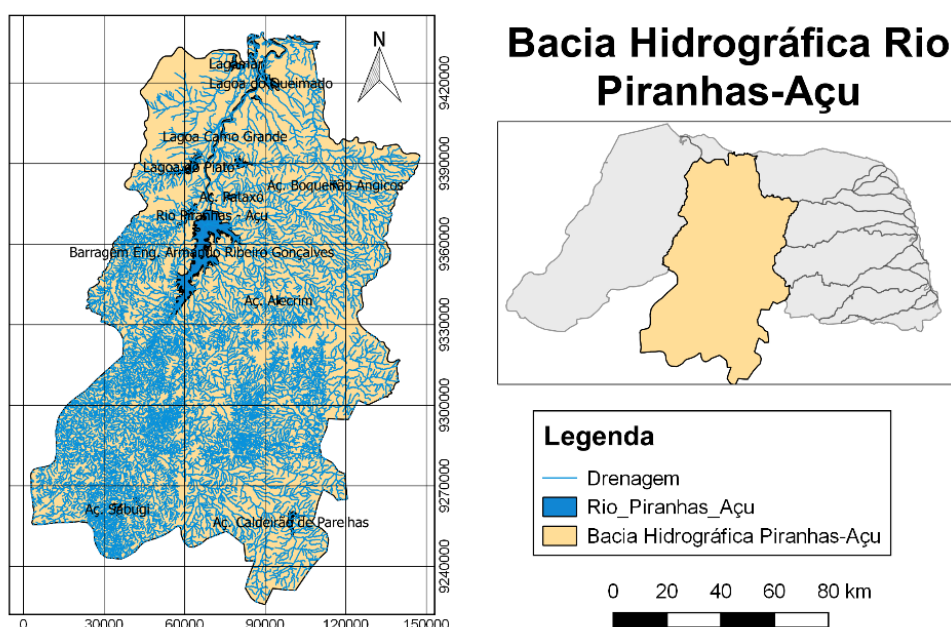
A análise das imagens foi feita após o período de máxima precipitação pluviométrica, que na região é classificada entre os meses de Março e Abril, para que os valores se aproximem ao máximo da realidade, pois é nessa fase em que a vegetação já estará em seus níveis normais, assim sendo possível a visualização das regiões que realmente apresentam solo exposto, levando consideração os efeitos produzidos pelos longos períodos de estiagem, e pelo processo natural de desertificação que é acelerado pela ação humana.

3.2.4 Elaboração do modelo digital de elevação (MDE)

Inicialmente foram obtidos o Modelo digital de elevação - MDE com 12,5m de resolução espacial, correspondente a banda FBS do satélite ALOS PALSAR datada de 28/01/2011, a partir da Vertex, um portal de dados do *Alaska Satellite Facility (ASF)*, em seguida com o auxílio do software QGIS (versão 2.18.19) foi feito o recorte da área a ser analisada e processada em para obter o mapa de declividade que corresponde as medidas de altimetria do relevo.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Figura 3 - Bacia Hidrográfica do rio Piranhas/Açu.



FONTE: Autoria própria (2018)

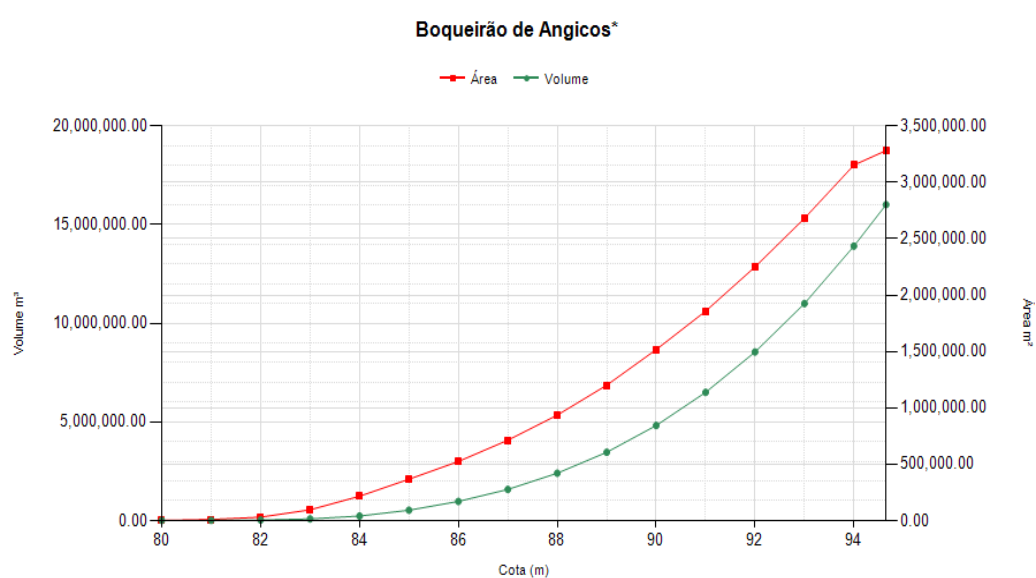
Á bacia hidrográfica do rio Piranhas/Açu ocupa uma área de 43.681,50 km², sendo 26.208,9 km² (60% da área da bacia) no Estado da Paraíba, e 17.472,6 km² (40% da área da bacia) no Estado do Rio Grande do Norte, que corresponde a aproximadamente 33% do território potiguar. O rio tem sua nascente na serra do Piancó no estado da Paraíba, e tem sua foz no oceano atlântico próximo a cidade de Macau, RN. Percorrendo cerca de 400km seus

principais afluentes são os rios Piranhas no estado da Paraíba, e o rio Seridó no Rio Grande do Norte (ANA, 2010).

3.4 BARRAGEM BOQUEIRÃO ANGICOS

A barragem Boqueirão Angicos está localizada no municio de Afonso Bezerra, estando a aproximadamente 9 km da sede do municio e a 180 km da capital potiguar. A imagem a seguir mostra as principais características da Barragem.

Gráfico 1 - Cota-Área-Volume



FONTE: IGARN (2018)

Tabela 2 - Características técnicas da Barragem

Denominação:	Boqueirão de Angicos*
Município:	Afonso Bezerra / RN
Bacia:	Piranhas/Assu
Rio barrado:	Rio Cabugi
Localização:	Fazenda Santa Rosa, a 9,0 km da cidade Afonso Bezerra Batimetria 2009 - AMPLA Engenharia
Área:	328,33 km ²
Capacidade Máxima:	16.018.307,77 m ³
Cota Capacidade Máxima:	94,65 m
Volume Morto:	963.881,00 m ³
Cota Volume Morto:	86,00 m

FONTE: IGARN (2018)

3.5 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Os mapas temáticos serão confeccionados a partir de dados vetoriais (Shapefiles) da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas/Açu adquiridos a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), pela Agência Nacional das Águas (ANA) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Os dados foram processados em Sistema de Informação Geográficos (SIG) e utilizado o software QGIS 2.18.19 como suporte.

Foram utilizados dados vetoriais para a composição dos mapas de delimitação da área de estudo, mapas referentes a delimitação da bacia hidrográfica junto a sua drenagem, como também a confecção do mapa de solo da região. Os arquivos foram recortados para abrangerem apenas a região de estudo. Após a preparação do mapa de solo, de NDVI, e de declividade foi possível fazer uma análise solo para caracterizar a região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

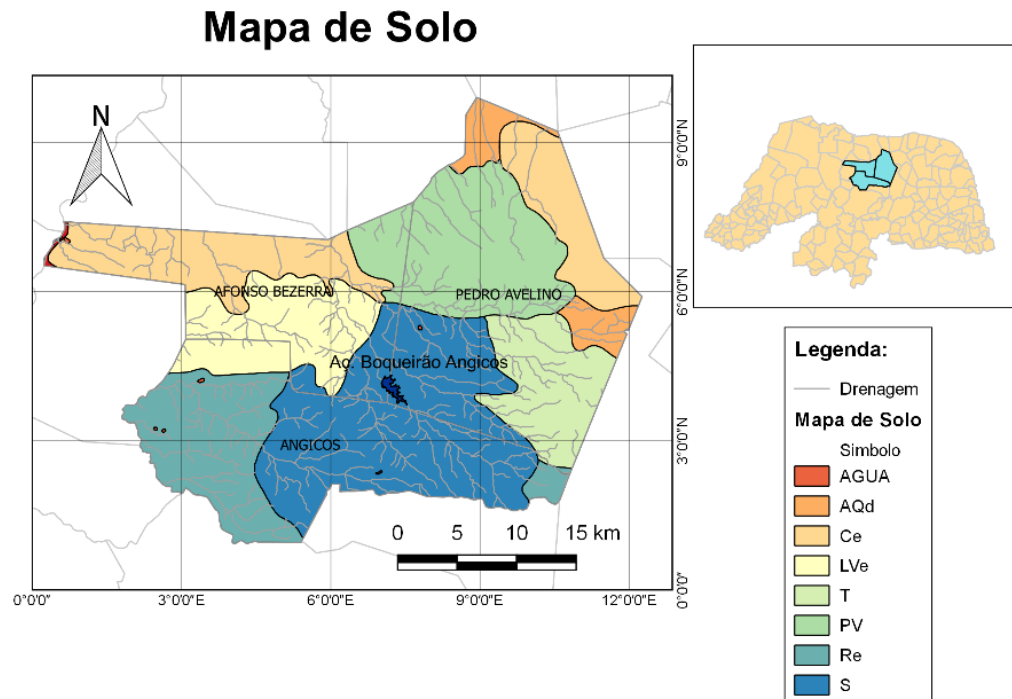
4.1 MAPA DE SOLO

Os mapas esquematizados de solo, tem por objetivo fornecer de forma generalizada informações referentes a distribuição geográfica e natureza do solo em grandes extensões territoriais. A elaboração dos mapas se dá através de informações pedológicas já existentes em combinação com interpretações e correlações de geologia, geomorfologia, clima e vegetação, objetivando a previsão da forma de ocorrência e natureza do solo. Para sua execução são utilizados como material básico imagens de radar e de satélite, fotoíndices e mapas/cartas planialtimétricas, também são usados mapas geológicos, climáticos, geomorfológicos, hipsométricos, fitogeográficos e outros, como auxílio para a elaboração (IBGE, 2007)

4.1.1 Caracterização dos solos dentro dos limites municipais

Os tipos de solos presentes na delimitação municipal dos municípios de Afonso Bezerra, Angicos e Pedro Avelino são bem diversificados, compostos por sete tipos diferentes que são: Areia Quartzosa Distrófica (AQd), Cambissolo Eutrófico (Ce), Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (LVe), Luvisolo (T), Argissolo Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico (PV), Litólicos Eutróficos (Re) e o Planossolo (S) como podemos ver na Figura 4.

Figura 4 - Mapa de solo da região de interesse



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2018)

Areia Quartzosa Distrófica (AQd): De acordo com Sousa & Lobato (2018), são solos originados de depósitos arenosos, que apresentam sua constituição formada basicamente por grãos de quartzo, e como consequência é praticamente destituído de minerais primários pouco resistente ao intemperismo. Os autores ainda dizem que esse solo é considerado de baixa aptidão agrícola, e o uso intensivo de culturas anuais podem leva-lo há uma rápida degradação. Uma forma de reduzir esse problema, é o uso de práticas de manejo que aumentem os teores de matéria orgânica no solo

Cambissolo Eutrófico (Ce): Segundo Zaroni & Santos (2018), são solos pouco desenvolvidos que ainda apresentam características da rocha que o originou e são evidentes pela presença de minerais primários. Eles ainda expõem que sua profundidade pode variar, desde pouco profunda até profunda, tendo normalmente baixa impermeabilidade. Sua aptidão agrícola varia de acordo com a declividade do local onde está situado, em área mais planas, com maior fertilidade natural e maior profundidade apresentam potencial para agricultura, entretanto em locais com o relevo com maior declive e com baixa profundidade, estes são suscetíveis a erosão e seu manejo implica na correção da acidez e de teores de alumínio nocivos a maioria das culturas.

Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (LVe): Este solo é encontrado em extensas áreas espalhadas no território nacional, é associado aos tipos de relevos planos, suave ondulado

e ondulado (ALMEIDA, SANTOS, ZARONI, 2018). Os escritores ainda expõem que estes ocorrem em locais com boa drenagem, sendo profundos e uniformes, apresentam limitações agrícolas de ordem química e baixa quantidade de água disponível para as plantas e em condições naturais seus baixos teores de fosforo indicam a necessidade de adubação fosfatada

Luvissolo (T): São solos minerais hidromórficos, a drenagem desse solo pode variar desde boa a praticamente imperfeita sendo pouco profundo. Estes são moderadamente ácidos e ligeiramente alcalinos e podem apresentar pedregosidade em sua superfície ou caráter solódico ou sódico na subsuperfície. Os Luvissolos apresentam boa aptidão agrícola, sua alta saturação por base aumenta sua fertilidade natural. Apresentam boa permeabilidade, e nos relevos mais planos junto com sua boa profundidade são passíveis a mecanização, entretanto no contrário são passíveis de processos erosivos. Quanto ao seu manejo, é necessário a adoção de práticas conservacionistas devido a sua propensão processos de erosão (ZARONI, SANTOS, 2018).

Argissolo Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico (PV): São solos minerais não-hidromórficos que tem uma profundidade variada e amplas classes texturais. Suas classes mais comuns são os Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) e Podzólico Vermelho-Escuro (PE), onde o último é distinguindo por coloração avermelhada mais escura e maior teor de óxido de ferro. Esse tipo de solo apresenta uma grande diversidade nas propriedades de interesse agrícola, sendo assim difícil generalizar suas qualidades para sua aptidão. Nos solos Eutróficos não existem limitações quanto a fertilidade, porem se usado de forma intensiva em conjunto com processos erosivos em área de alto declive, pode reduzir sua disponibilidade de nutrientes. São mais comuns em área de agricultura familiar pois são indicados para situações em que não se tem muito capital para o melhoramento do solo, e quando sua fertilidade natural em conjunto com a falta de pedregosidade, este solo apresenta uma boa aptidão agrícola (LOBATO & SOUSA, 2018).

Litolicos Eutróficos (RE): Estes apresentam-se em regiões semiáridas, com predominância em área de afloramento de rochas. São pouco desenvolvidos, rasos e não-hidromórficos, apresentam poucas alternativas quanto ao seu uso agrícola por serem rasos ou muito rasos e geralmente rochosos ou pedregosos. São solos com alta vulnerabilidade a processos erosivos devido a pequena espessura e frequente ocorrência de cascalho (JARBAS et al., 2018).

4.1.2 Análise do solo da área de contribuição da barragem

O Planossolo (S) será abordado de maneira mais detalhada devido sua ocorrência coincidir com a área de contribuição da barragem, se fazendo assim necessária, uma análise mais rica e mais aprofundada quanto as suas características.

Os Planossolos apresentam elevadas quantidades de minerais primários que são facilmente intemperizáveis, isso fornece a esse tipo de solo uma grande capacidade das plantas absorverem seus nutrientes. Devido a estarem presentes em regiões de relevo plano ou suave ondulado, não apresentam impossibilidades de mecanização agrícola e são encontrados em grandes proporções na região do semiárido ocupando cerca de 10,5% de extensão dessa faixa territorial (JARBAS et al., 2018).

De acordo com Santos & Zaroni (2018), suas limitações estão ligadas a permeabilidade lenta ou muito lenta, geralmente ocasionados pelo acúmulo de argila na superfície. Apresentam ainda deficiência nutricional e elevados teores de sódio, que podem afetar o crescimento da maioria das culturas. Este tipo de solo ainda necessita de alguns cuidados de manejo quanto a sua drenagem.

Estes solos apresentam na maioria dos casos condições de fertilidade natural de razoáveis a boa, contudo apresentam grande deficiência que dificultam seu uso agrícola. Estas deficiências são decorrentes principalmente das altas concentrações de sódio que se acumulam nos horizontes superficiais, que podem causar estresse hídrico e o desbalanceamento nutricional das plantas, além de condições físicas que dificultam sua drenagem e favorecem processos erosivos no solo (FERREIRA, 2011).

4.1.3 Culturas adequadas ao Planossolo

Como foi visto, o Planossolo apresenta diversas dificuldades para serem usados na agricultura, entretanto existem culturas e tipos de manejo agrícola que podem ser usadas para adequar o solo e permitirem um plantio de forma adequada.

Segundo o IDEMA (2008), os solos da cidade de Afonso Bezerra possuem boa aptidão agrícola, com uso para a pecuária extensiva e algum cultivo de milho e feijão, entretanto essa área poderia ser mais bem cultivada se resolvido o problema da deficiência hídrica. O estudo desse trabalho visa mostrar como o uso da Barragem Boqueirão angicos poderá auxiliar a

resolver alguns problemas de déficit hídrico para a agricultura dentro da sua região de influência.

A cultura local é baseada principalmente em agricultura de sequeiro, onde as principais espécies plantadas são feijão e o milho, com 200 e 150ha respectivamente, como podemos ver na tabela a seguir.

Tabela 3 - Área Colhida e Quantidade Produzida dos Principais Produtos Agrícolas – 2006

Produto	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)
Algodão herbáceo	80	32
Feijão	200	80
Tomate	8	176
Melancia	20	480
Milho	150	45
Banana	6	240
Castanha de caju	50	18
Mamão	10	400
Manga	50	900
Melão	40	800
Sorgo granífero	10	6

FONTE: IDEMA (2008)

De acordo com Sousa et al (2013) regiões que apresentam o Planossolo devem ser usadas para a pecuária extensiva e na agricultura familiar, os autores ainda dizem que as culturas que mais se adequam a esse tipo de solo no agreste pernambucano são o sorgo, feijão caupi e a palma forrageira. Dessa forma percebemos que as culturas presentes na região de estudo já são bem parecidas com as propostas pelo autor citado anteriormente, não havendo a necessidade de implantar uma nova espécie para o uso desse tipo de solo, e sendo dispensável a adequação dos agricultores para novos plantios.

4.2 ANÁLISE DO RELEVO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DA BARRAGEM

A análise topográfica é uma importante ferramenta para o estudo de um determinado ambiente. Os dados de topografia têm diversas aplicações como a declividade e a orientação das vertentes, com isso podemos definir mapas de declividade, de locais com potencial erosivo, assentamento humano, entre outros, tendo em vista que a topografia é importante para a caracterização e estudo do uso e ocupação do solo (SILVA JR & FUCKNER, 2010).

Mapas de declividade se tornaram uma importante ferramenta para a análise de relevos, este é uma representação temática que demonstra as diferentes classificações dos níveis de inclinação existentes ao longo da distribuição espacial no terreno (COLAVITE & PASSOS, 2012). A EMBRAPA (1979), propõe a classificação da declividade do relevo dividida em 6 níveis da seguinte forma:

Tabela 4 - Classe de declividade

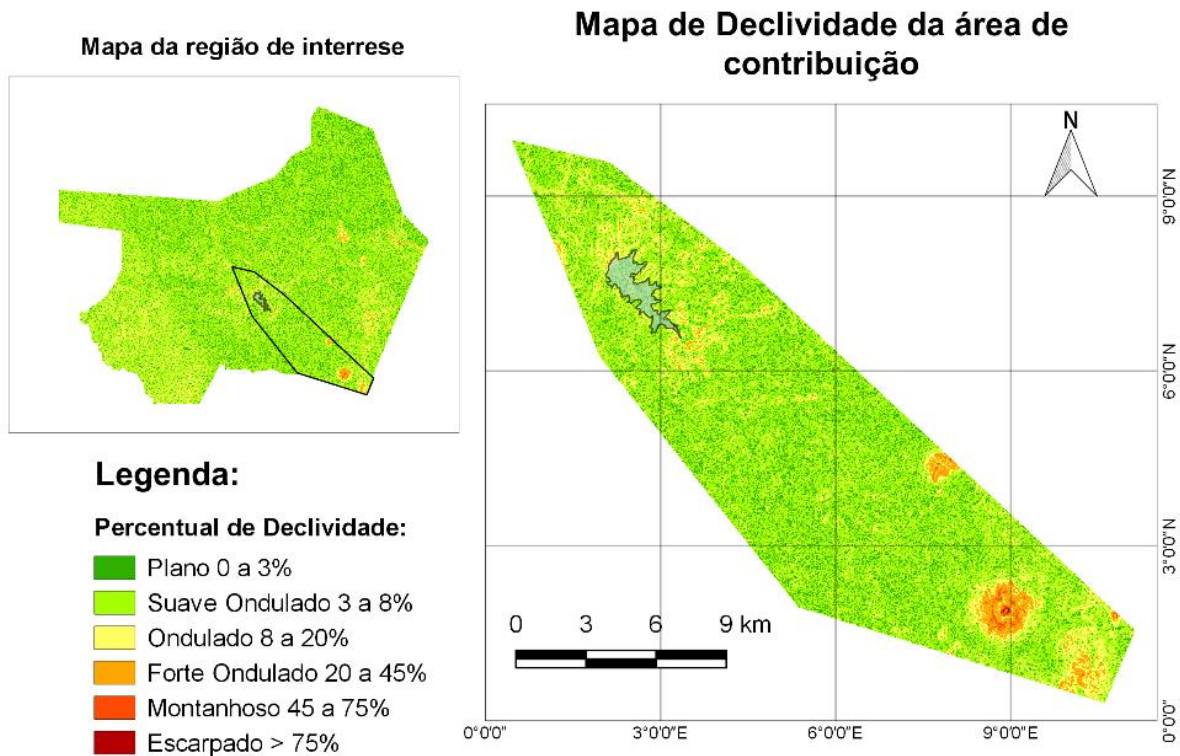
Classes de Declividade	Limites Percentuais (%)
Plano	0-3
Suave Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte – ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Escarpado	> 75

Fonte: EMBRAPA (1979)

4.2.1 Estudo da declividade em volta da região de influência de barragem

A partir da Figura 5, podemos notar que a maior parte da área em torno do reservatório apresenta um relevo que varia entre plano e suave ondulado, com um percentual de declividade variante entre 0 e 8% e as áreas que apresentam cores mais quentes sintetizam locais com maior percentual de declive e portanto, com o mapa de declividade da região de contribuição da barragem, é possível perceber quais os níveis de inclinação do relevo. De acordo com a Figura 5 podemos verificar que segundo a classificação adotada por Balena et al. (2008), praticamente toda a região está enquadrada nas classes I e II. A região mostra alguma limitação em função de sua declividade influenciar diretamente em processos erosivos, entretanto não fazem restrições aos tipos de cultivos, permitindo plantios anuais se adotada algumas medidas de precaução.

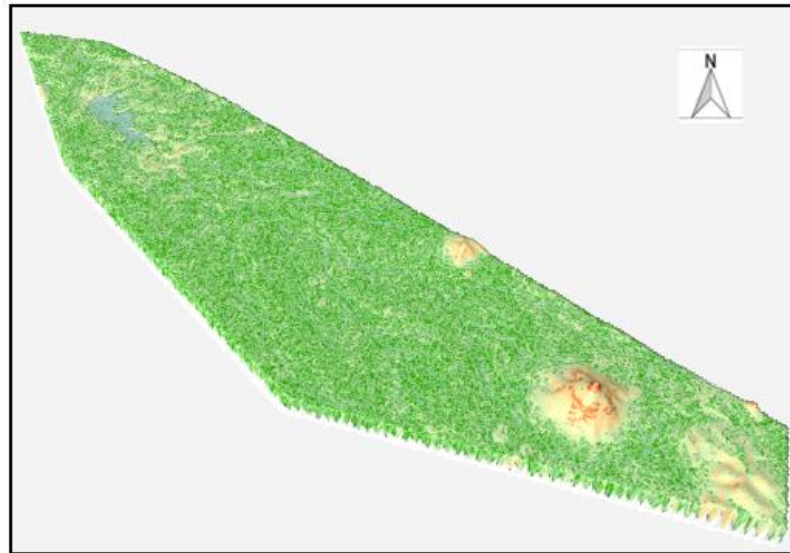
Figura 5 - Mapa de declividade



Fonte: Autoria Própria (2018)

Com o auxílio do MDE do terreno, gerado em um perfil 3D, torna a visualização da forma como o relevo se comporta mais perceptível. A partir dessa ferramenta percebemos com mais facilidade que quase todo o entorno da sub-bacia não apresenta restrições quando ao seu uso agrícola, principalmente as áreas que ficam mais próximas ao reservatório. Nesse sentido, podemos afirmar que a sub-bacia não apresenta significativas limitações sem relação a declividade quanto ao seu uso na agricultura, apenas algumas restrições referentes ao solo em que ela se encontra, como foi abordado na análise do solo. Vale lembrar que este modelo digital de elevação não fornece informações quanto a densidade da vegetação, somente quanto há declividade do terreno.

Figura 6 - Modelo Digital de Elevação (MDE) – Perfil em 3D



Fonte: Autoria Própria (2018)

4.3 ANÁLISE DO ESTADO DA VEGETAÇÃO EM TORNO DO RESERVATÓRIO

A análise da vegetação será feita a partir do Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI). SILVA (2018) classifica o NDVI em 5 classes diferentes, onde cada uma é representada por uma cor a partir dos seus alvos superficiais. A classe I, representada pela cor vermelha, é indicativa para áreas com existência corpos hídricos, nuvens e afloramentos rochosos. Na classe II seus alvos serão regiões que apresentam solo exposto, e é indicada pela cor laranja. A classe de cor amarela, indicará locais em que já se encontram traços de vegetação do tipo rala/arbustiva. As classes IV e V, com variações do tom de verde, revelam zonas de transição da vegetação rala/arbustiva para arbórea e vegetação arbórea/densa, respectivamente.

Tabela 5 - Intervalos de classes e seus respectivos alvos de superfície

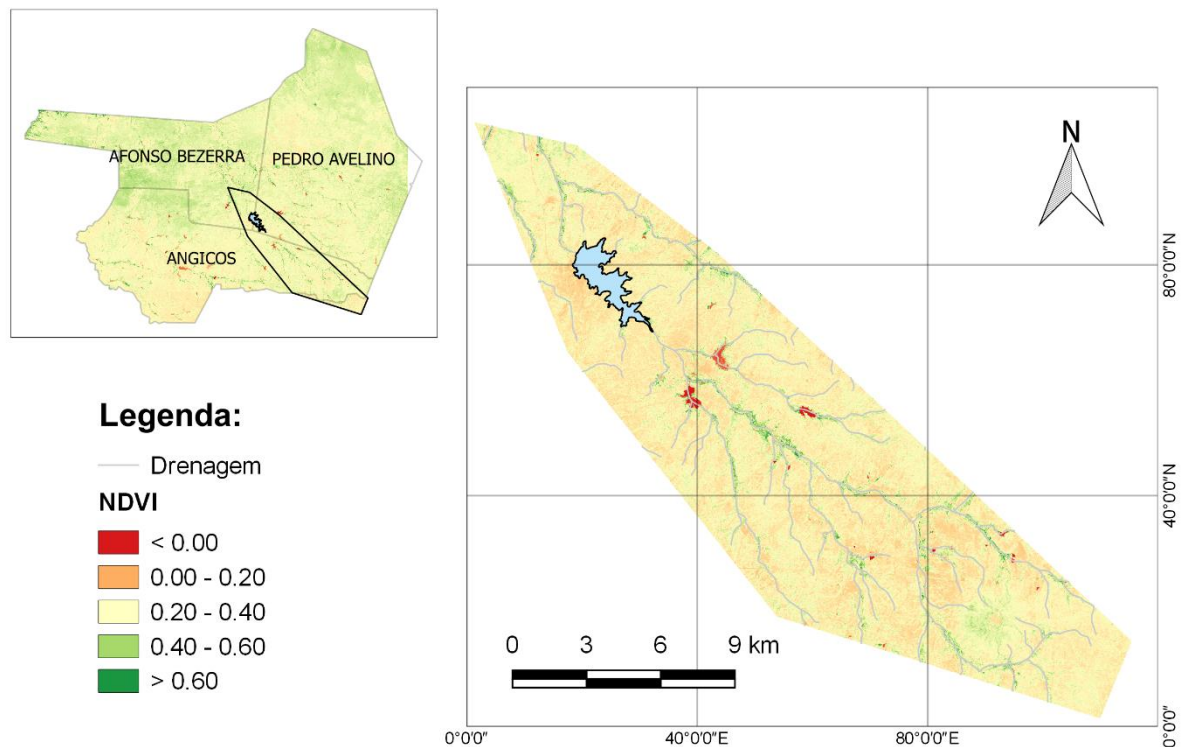
Intervalos de NDVI	Classes	Alvos de superfície
< 0.00	Classe I	Água, nuvens e rochas
0.00 – 0.20	Classe II	Solo exposto
0.20 – 0.40	Classe III	Vegetação rala/arbustiva
0.40 – 0.60	Classe IV	Transição de vegetação rala/arbustiva - arbórea
> 0.60	Classe V	Vegetação arbórea/densa

FONTE: SILVA (2018)

4.3.1 Avaliação do NDVI

O NDVI do entorno da barragem Boqueirão Angicos mostra uma exorbitante degradação da cobertura vegetal, de modo que a presença de vegetação mais densa localiza-se apenas nos trechos de drenagem das águas do reservatório. As classes II e III, referentes as classificações do NDVI, são as que apresentam maiores índices de atuação, revelando que há um predomínio de solo exposto e vegetação do tipo rala/arbustiva. As classes IV e V, indicativas para locais com maiores índices de vegetação, pouco aparecem no entorno da barragem, de forma que essa falta de cobertura vegetal mais densa em conjunto com uma declividade mais acentuada, favorece ainda mais os processos de erosão do solo.

O Instituto Nacional do Semiárido (2011) relata que diversos fatores podem reduzir a disponibilidade hídrica de um reservatório superficial, dentre eles se destacam o assoreamento e a poluição da água, e estes fatores devem ser alvo de atenção para a população e as autoridades. O Assoreamento é um processo natural de deposição das partículas superficiais de solo no fundo dos rios e que é agravado por ações antrópicas, Cabral (2005) relata que este fenômeno é a causa principal da diminuição do volume de água em reservatórios, em que as águas das chuvas transportam sedimentos que são depositados por decantação e pelo atrito com o fundo do reservatório. A vegetação nas margens dos rios é responsável pelo barramento das partículas que são levadas pelas águas pluviais por escoamento, e a falta ou a degradação dessa mata ciliar é um poderoso agravante para o aumento do processo de assoreamento (PENA, 2018).

Figura 7 - NDVI da área de contribuição

Fonte: Autoria Própria (2018)

Regiões áridas e semiáridas já apresentam uma pré-disposição ao processo de desertificação, que é agravada muito mais com a exploração inadequada dos recursos naturais (ARAUJO & SOUSA, 2011) e o NDVI da sub-bacia só confirma esse fato, pois praticamente toda a região não apresenta vegetação densa. De acordo com a Figura 7, pode-se notar que praticamente toda a mata ciliar as margens dos cursos de água foram extintas, de modo que essa área (entre 30 e 50 m das margens) devem ser mantidas e é proibida pela lei Lei nº 7.803 de 18/07/1989 seu uso para a extração vegetal, situação que claramente não foi respeitada visto que todo o seu curso apresenta um predomínio de solo exposto/vegetação rala.

A partir do NDVI foi possível verificar que as margens do fluxo de drenagem, e do reservatório estão parciais ou totalmente degradadas, e que praticamente não apresentam elevados volumes de vegetação, uma vez que toda sua extensão é caracterizada por solo exposto ou vegetação rala. Com o MDE gerado em perfil 3 D, Figura 8, percebe-se esse fenômeno de degradação com mais facilidade, pois consegue-se identificar de uma melhor forma as áreas de curso d'água e a pequena densidade de vegetação presente, ainda conseguimos observar alguns pequenos reservatórios naturais ao longo do curso da drenagem.

Figura 8 - Modelo Digital de Elevação (MDE) – NDVI Perfil em 3D



Fonte: Autoria Própria (2018)

4.4 MEDIDAS MITIGADORAS

Algumas medidas são necessárias para que o solo em questão que apesar de boa fertilidade natural também apresenta elevados teores de sódio. Andrade et al. (2010) propõe algumas medidas de práticas de conservação do solo como o reflorestamento ciliar das áreas expostas ou degradadas, fazer a cobertura da superfície pela implementação de pastagens, manutenção das plantas de cobertura do solo, controle ou eliminação do uso queimadas e a correção do solo por meio de calagem, ou gessagem.

A calagem é um método de preparo do solo com o objetivo de corrigir os teores de acidez presentes, além de fornecer cálcio magnésio para a vegetação. Cálcio é um estimulante que insita o crescimento das raízes e com isso gera um aumento no sistema redicular, uma melhor exploração da água e dos nutrientes presentes no solo, dando as plantas um subsidio para tolerar a seca. Entretanto é importante que se faça uma análise química do solo afim de determinar se é necessária a correção da acidez, pois para a grande maioria dos Planossolos esse processo é dispensável.

Outra forma de preparo do solo é a Gessagem, este método visa aplicar cálcio e enxofre a partir do gesso. Para solos salinos e sódicos o gesso é usado como corretivo, entretanto diferente da calagem este não neutraliza a acidez na superfície por ser altamente solúvel. O gesso ainda promove um melhoramento da fertilidade e da exploração das raízes por meio da lixiviação.

Utilizando o solo da região para pastagem, como uma medida de cobertura solo, é possível fazer a adoção de medidas de reflorestamento e recuperação de mata ciliar a partir da incrementação com espécies nativas e exóticas que forneçam suporte forrageiro.

O processo de desertificação causado pelo uso inadequado dos recursos naturais agrava ainda mais esse cenário, com isso se faz necessário a conscientização da população quanto as orientações da forma de uso dessa área, para que seja respeitada suas limitações físico-químicas, de declividade e que o extrativismo desordenado não venha a comprometer de forma irreversível o fluxo d'água, uma vez que se respeitada os limites de drenagem juntamente com o reflorestamento do curso de água é possível manter o rio ativo por muito mais tempo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região de entorno do reservatório se mostrou deficiente quanto ao seu uso agrícola, pois o tipo de solo presente no local, caracterizado como raso e altamente suscetível a erosão, restringem seu uso, entretanto se tomada algumas medidas de preparo e uso do solo a região por possuir um reservatório se manifesta como uma possível zona de uso agrícola.

O índice de vegetação mostrou que a área de contribuição da barragem Boqueirão Angicos está extremamente degradada, com valores de cobertura vegetal muito baixo e com alta suscetibilidade ao assoreamento e a falta de vegetação nas margens do reservatório só favorece esse fenômeno. É necessária algumas medidas de recuperação do solo e da vegetação ciliar em todo o açude, para amenizar e proteger o curso d'água contra processos erosivos e assoreamento, de modo que o último pode vir a causar o desaparecimento do reservatório por perder sua capacidade de armazenamento devido ao acúmulo de sedimentos provenientes do assoreamento.

Este trabalho tem a finalidade de caracterizar e informar o estado da vegetação, relevo e solo da sub-bacia, com isso ainda é extremamente importante que outras pesquisas venham a ser desenvolvidas para buscar uma solução para este problema tão grave.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DNOCS. FICHA TÉCNICA : Reservatório Açude Pataxó . Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_reservatorio.php?codigo_reservatorio=10&descricao_reservatorio=A%E7ude+Patax%F3>. Acesso em: 04 jun. 2018

SILVA, R. M. A. da. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. / Roberto Marinho Alves da Silva. Brasília, 2006. 298 p.

A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens / [coordenador, supervisor, Flavio Miguez de Mello ; editor, Corrado Piasentin]. - Rio de Janeiro : CBDB, 2011. 524 p. : il. ; 29 cm

SÓRIA, Miguel. **Os benefícios recebidos das barragens**. 2011. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/site_antigo_2013/img/43geral4.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2018.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos Hídricos no Século XXI**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328 p.

POLETO, C. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 272 p.

UFSC, CBDB. Barragens. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20das%20Barragens>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.

ANA. Política Nacional de Recursos Hídricos. 2018. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

ANA. O que é o SINGREH. 2018. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh/o-que-e-singreh>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

Comitê da CIGB Sobre Conscientização e Educação do Público (Org.). As BARRAGENS a Água do Mundo. União Européia: [s.n.], 2007. 74 p.

IGARN. **Bacia Piranhas/Açu.** 2018. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC000000000029746.HTML>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS.** 2011. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, CBDB. **Apresentação das Barragens.** 2013. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20das%20Barragens>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

ANA. **TERMOS DE REFERÊNCIA PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PIRANHAS-AÇU.** 2010. Disponível em: <<http://piranhasacu.ana.gov.br/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

SZILAGYI, GUSTAVO. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE LAJES/RN.** 2007. 51 p. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/18845>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

SANTOS, A. B; PETRONZIO, J. A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: ANAIS... Simpósio Brasileiro

de Sensoriamento remoto, 5, 2011, Curitiba, p.6185. Disponível em: . Acesso em: 28 de agosto de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE (Org.). **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. 316 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 144p.

PEDRA DE ABREU, Karla Maria; COUTINHO, Luciano Melo. **VÉRTICES**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.16, n.1, p. 173-198, jan./abr. 2014.

IDEMA, INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE,. **Perfil do seu Município**: Afonso Bezerra. 2008. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=875&ACT=&PAGE=1&PARM=&LBL=>>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

CHAVEZ Jr., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1988.
Chavez Jr., P.S. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper multispectral images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, p. 1285-1294, 1989.

ZARONI, Maria José; GONÇALVES DOS SANTOS, Humberto. **Cambissolos**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_8_2212200611538.html>. Acesso em: 04 set. 2018.

CLEMENTE ALMEIDA, Eliane de Paula; DOS SANTOS, Humberto Gonçalves; ZARONI, Maria José. **Latossolos Vermelho-Amarelos**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html>. Acesso em: 04 set. 2018.

ZARONI, Maria José; SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Luvissolos**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_12_2212200611541.html>. Acesso em: 04 set. 2018.

LOBATO, Edson; SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de. **Podzólicos / Argissolos**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_97_10112005101957.html>. Acesso em: 04 set. 2018.

JARBAS, Tony et al. **Litólicos**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000gdhgdwhv02wx5ok0rofsmqv90tsmc.html>. Acesso em: 04 set. 2018.

JARBAS, Tony et al. **Planossolos**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzh02wx5ok01edq5s189t6ux.html>. Acesso em: 04 set. 2018.

FERREIRA, J. T. P. Caracterização de Planossolos desenvolvidos em diferentes condições geoambientais do Estado de Pernambuco. 2011. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE, Recife, 2011.

SILVA Jr, O. M.; FUCKNER, M. A. Avaliação da correlação entre modelo digital de elevação ASTER e carta topográfica para a região de Marabá – Estado do Pará. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO), 3., Recife. Anais...Recife, 2010. Artigos, p. 27-30.

COLAVITE, A. P.; Passos, M. M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. Revista Geonorte. v. 2, n. 4, p. 1547-1559, 2012.

BALENA, Rosana et al. CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO. Synergismus scyentifica UTFPR, Pato Branco , 4, v. 3. 2008.

Salomão de Sousa Medeiros, Hans Raj Gheyi, Carlos de Oliveira Galvão, Vital Pedro da Silva Paz / Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 440 p.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Assoreamento de rios"; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/assoreamento-rios.htm>>. Acesso em 07 de setembro de 2018.

SILVA, João Augusto Marques da. **ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CEARÁ-MIRIM POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO..** 2018. 75 p. Dissertação (Bacharelado)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2018.

ANDRADE, Eunice Maia de; PEREIRA, Omar Jesus; DANTAS, Francisco Éden Rocha (Org.). **Semiárido e o manejo dos recursos naturais:** Uma proposta de uso adequado do capital natural. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2010. 408 p.

SANTIAGO, Antonio Dias; ROSSETTO, Raffaella. **Calagem.** 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html>. Acesso em: 06 set. 2018.

Cabral, João Batista Pereira. **Caminhos de Geografia.** v. 6, 14. p. 62-69, Fev/2005
MELO et al. CORREÇÃO DE SOLOS SALINO-SÓDICOS PELA APLICAÇÃO DE GESSO MINERAL. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.4, p.376–380, 2008.

ARAÚJO, Cristina de Sousa Felizola; SOUSA, Antonio Nóbrega de. ESTUDO DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO NA CAATINGA: UMA PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **CLASSES DE DECLIVIDADE.** 1979. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/sesmarias/MAPA-SESMARIA-EMBRAPA-90-60.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

BRASIL. LEI Nº 7.803, DE 18 DE JULHO DE 1989.. **Código Florestal**. Brasília, p. 1556-1556, jul. 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7803.htm>. Acesso em: 20 set. 2018.