



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

VICTOR AFONSO MARINHO PISMEL

**Uso de geotecnologias na avaliação de padrões de vegetação associados à oferta hídrica
em Dom Eliseu, Pará**

**BELÉM
2016**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

VICTOR AFONSO MARINHO PISMEL

Uso de geotecnologias na avaliação de padrões de vegetação associados à oferta hídrica em
Dom Eliseu, Pará

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de graduação em Engenharia Florestal da
Universidade Federal Rural da Amazônia, como
requisito para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Florestal.
Área de Concentração: Engenharia Florestal.
Orientador: Prof. Dr: Rodrigo Silva do Vale

BELÉM
2016

VICTOR AFONSO MARINHO PISMEL

Uso de geotecnologias na avaliação de padrões de vegetação associados à oferta hídrica em
Dom Eliseu, Pará

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal. Área de Concentração: Engenharia Florestal.

Data da aprovação: 17/02/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rodrigo Silva do Vale
Universidade Federal Rural de Amazônia – UFRA

Prof^a Dr^a. Maria de Nazaré Martins Maciel
Universidade Federal Rural de Amazônia – UFRA

Prof. Dr. Silvio Brienza Junior
Embrapa Amazônia Oriental

Aos meus pais, Carlos e
Carla Valéria.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Rede de Estudos e Tecnologias Avançadas para Recuperação e Restauração Florestal na Amazônia (RESTAURA) pelo apoio de bolsa de iniciação científica, extensivo ao coordenador Silvio Brienza Junior, bem como a equipe de apoio logístico, principalmente a Maricélia Barbosa Gonçalves e Vanessa Gomes de Sousa.

Agradeço a Dra. Lucieta Guerreiro Martorano, pela grande participação na minha formação profissional, orientando, incentivando e acreditando no meu potencial científico. Seus ensinamentos foram fundamentais nas avaliações de imagens de satélites remotos em função de interações no sistema solo-planta-atmosfera, durante o período que passei no Laboratório de Agrometeorologia na Embrapa Amazônia Oriental.

Meus sinceros agradecimentos ao Diretor Presidente do Grupo Arboris, Marcos Siviero, pela hospitalidade e apoio durante o meu trabalho de campo extensivo e a colega Sabrina Benmuyal. Os ensinamentos, orientações e contatos foram fundamentais nas avaliações de “verdade terrestre”, no município de Dom Eliseu e seu entorno.

Agradeço ao Sr. Bruce Farel Siviero por disponibilizar um pouco de seu tempo para me atender em sua fazenda ESPERANÇA, no Município Dom Eliseu, e por sua paciência e conhecimento compartilhados. A sua experiência e dedicação ao trabalho foi de grande importância para a motivação do que virá da vida profissional.

Agradeço a atenção e paciência da Sr Edina Balbinot, sócia-administradora do grupo Vale Fértil, em Dom Eliseu, sendo solicitada no esclarecimento de dúvidas quanto aos sistemas de produção, uso e cobertura do solo em áreas sob a gerência do grupo.

A minha família, pelo apoio, força e incentivos permanentes.

A Francielly Alcântara, por sua paciência, dedicação e parceria durante a realização do meu trabalho de conclusão, sendo uma namorada querida e companheira nesses dois anos de maravilhoso convívio.

As colegas de Laboratório de Agrometeorologia Leila Sheila Silva Lisboa, Daiana Monteiro Tourne, Nathalia Nascimento pelas orientações e consolidação de conhecimentos no Arcgis, compartilhando inclusive bases de dados e fornecendo informações para obtenção de novos dados que foram de fundamental importância na realização deste trabalho de conclusão de curso (TCC).

Aproveito ainda para agradecer à Embrapa Amazônia Oriental e à Universidade Federal Rural da Amazônia, aos professores e colegas que direta e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho de Conclusão de Curso.

*“E também sei o quanto é importante na vida não
necessariamente ser forte, mas sentir-se forte.”*
Into the Wild

RESUMO

Objetivou-se avaliar a dinâmica de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) associada à oferta hídrica no município de Dom Eliseu, no estado do Pará. Foram avaliadas imagens de satélite remotos com base na reflectância de áreas homogêneas com cultivos anuais de grãos e plantios florestais, identificando respostas mensais e, separando os períodos de maior e menor oferta de água no solo. Foram utilizados dados de balanços hídricos, calculados para uma capacidade de campo (CAD) de 300 mm e avaliados dados de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), obtidos no portal da NASA (National Aeronautics and Space Administration), referente às informações do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). As imagens-índice (NDVI) referentes aos meses de janeiro a dezembro de 2012 e março e novembro de 2015 foram processadas no aplicativo Envi 4.7 e reclassificadas no ArcGis 10.1. Foram processados e separados os valores de NDVI em classes para identificar o percentual de respostas de reflectância, as quais foram associadas aos valores de deficiência hídrica com base em dados climáticos no município de Dom Eliseu. Os resultados apontaram variações temporais no ano de 2012, tanto relacionados aos sistemas produção agrícola, quanto aos remanescentes de floresta nativa e plantios florestais, os quais indicaram respostas associadas à oferta hídrica no solo. Observou-se que em Dom Eliseu, no mês de abril foram extraídos os maiores valores de NDVI em mais 60% do município, expressando respostas fisiológicas como manutenção das folhas e, consequentemente maior eficiência fotossintética das plantas, sendo os valores de NDVI superiores a 0,6, indicando possíveis associações ao trimestre mais chuvoso que é de fevereiro a abril. No período de agosto a setembro ocorrem as menores cotas pluviométricas, onde nesses meses ocorrem déficits hídricos que atingem valores superiores a 70 mm. Notou-se que as respostas em NDVI foram mais menores no mês de outubro, totalizando 16% da área de estudo com valores entre 0,2 a 0,3, evidenciando que as respostas de reflectância da biomassa são oriundas dos remanescentes de vegetação nativa, floresta secundária e plantios florestais. A partir de confirmações de campo em 2015 e análise de NDVI, referente aos meses de março e novembro de 2015 foram notáveis as respostas referentes aos efeitos de redução de água no solo em novembro de 2015, possivelmente intensificados pelo forte El Niño diagnosticado pela NOAA. Os dados de NDVI foram da ordem de 0,2 em áreas de cultivos agrícolas anuais, indicando respostas do solo e da palhada em áreas de plantio direto. Já os plantios florestais os valores em NDVI não ultrapassaram 0,3, indicando efeitos de déficits hídricos nesse ano, que estavam inferiores aos valores obtidos no mesmo período de 2012. Ao contabilizar os baixos valores de NDVI, reforçam que no período de maior deficiência hídrica que promove a queda de folhas nas plantas, a superfície imageada responde com valores mais baixos associados à condição de água no solo. Conclui-se que existe sensibilidade do NDVI em resposta à condição hídrica no município de Dom Eliseu sendo um possível indicador ambiental de resposta da vegetação em tempo quase que real na Amazônia.

Palavras chave: Plantios florestais. Agricultura. Palhada. Déficit hídrico.

ABSTRACT

Our goal was to evaluate the dynamic of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) associated with the water supply on the municipality of Dom Eliseu, on the state of Pará. We evaluated remote satellite images using reflectance of homogeneous areas with annual grain crops and forest plantation, identifying monthly responses, and dividing periods of larger and lower water supply in the soil. We used data of "balanços hídricos", calculated for a field capacity (CAD) of 300mm and evaluated the data of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), obtained in NASA's website (National Aeronautics and Space Administration), relative to the information of the sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). The image-indexes (NDVI) relative to january and december of 2012; march and november of 2015 were processed in the application Envi 4.7, and relabeled on ArcGis 10.1. We processed and divided the values of NDVI in classes to identify the percentual response of "reflectância", which were associated with values of water deficit based on climate data from the municipality of Dom Eliseu. The results pointed to temporal variations on the year of 2012, related to systems of agricultural production, and to the remaining of the native forest and forest plantations, which pointed responses associated to the soil's water supply. It was observed in Dom Eliseu, that in april were extracted the highest values of NDVI in more than 60% of the municipality, expressing physiological responses like "control leaf fall", and consequently higher photosynthetic efficiency of the plants, with the NDVI values above 0.6, indicating possible associations with the most pluvius trimester, from february to april. In the period of august to september the lowest pluvius quotas occur, the water supply deficit reach values superior to 70mm. It was noticed that the responses in NDVI were lower in the months of october, making up to 16% of the area of study with values between 0.2 to 0.3, showing that the response to the "reflectância" of the biomass are deriving from the remaining native vegetation, secondary forest and forest plantations. Starting from the field confirmations in 2015 and the NDVI analysis, relative to the months of march and november of 2015, the responses relative to the effects of water shortage in the soil were remarkable in november of 2015, possibly intensified by the strong El Niño diagnosed by NOAA. The data from NDVI were of the order of 0.2 in areas of annual crops, indicating responses from the soil and of "palhada" in areas of tillage. The forest plantations don't exceed 0.3, indicating effects of water deficit this year, that were inferior to the values obtained in 2012. When accounting for the low values of the NDVI, it is reinforced that the period of biggest water deficit promotes the fall of leaves in plants, the imaged surface responds with lowest values associated to water in the soil. We conclude that there is a susceptibility of NDVI in response to the water conditions in the municipality of Dom Eliseu, being a possible environment indicator of the vegetation response in almost real time of the Amazon.

Keywords: Forest planting. Agriculture. Post-harvest. Water deficit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Representação esquemática do aumento do tamanho do pixel em função do ângulo de visada: 0° (250x250m); 15° (270 x 260m); 30°(350x 285m); 45°(610x380m) e 55° (1200x450m).	29
Figura 2- Altitude no município de Dom Eliseu.	33
Figura 3- Padrões de uso e cobertura do solo de Dom Eliseu em 2010.....	33
Figura 4- Área preparada para cultivos anuais em Dom Eliseu, Fazenda Esperança, PA.....	37
Figura 5- Plantio da espécie florestal paricá, município de Dom Eliseu, Fazenda Esperança, PA	37
Figura 6- Área de agricultura e plantio de eucalipto, município de Dom Eliseu, Fazenda Itália, PA	38
Figura 7- Dinâmica espectral da vegetação expressa em intervalos de classe de NDVI no período de janeiro a abril de 2012, em Dom Eliseu.....	39
Figura 8- Dinâmica mensal da precipitação pluvial no município de Dom Eliseu.	40
Figura 9- Faixas de NDVI no município de Dom Eliseu, no ano de 2012.	41
Figura 10- Dinâmica espectral da vegetação expressa em faixas de NDVI no período de maio a agosto de 2012, em Dom Eliseu.	42
Figura 11- Dinâmica espectral da vegetação expressa em intervalos de classe no período de setembro a dezembro de 2012, em Dom Eliseu.	44
Figura 12- Dispersão de NDVI nos meses de março de 2012 e 2015	46
Figura 13- Dispersão de NDVI no mês de novembro 2012 e 2015.	47
Figura 14- Comparação entre os meses de março e novembro de 2012.....	47
Figura 15- Comparação entre os meses de março e novembro de 2015.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Histórico do Município de Dom Eliseu	14
3.2 Caracterização de variáveis biofísicas em Dom Eliseu	14
3.3 Caracterização de fatores abióticos	15
3.3.1 Deficiência Hídrica	17
3.3.2 Altimetria	19
3.3.3 Desmatamento	20
3.4 A importância da Silvicultura	21
3.5 Geoprocessamento aplicado à silvicultura	23
3.6 Sistemas de informações geográficas (SIG)	24
3.7 Sensoriamento Remoto	25
3.8 Aquisição de imagens modis	27
3.8.1 Produto MOD13Q1	30
3.8.2 Índice de vegetação	30
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Área de Estudo	32
4.2 Software utilizados	34
4.3 Aquisição das imagens e pré-processamento	34
4.4 Coleta das amostras de treinamento e aplicação do algoritmo de classificação	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Valores de NDVI em 2015 comparados com os de 2012	45
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Pará apresenta 22% de suas áreas desflorestadas (274.569 km²), equivalente em extensão a uma área maior que o estado de São Paulo. O Pará tem se mantido na liderança em áreas desflorestadas ao avaliar dados de 2004 a 2012, sendo incluído como o estado que apresenta maiores perdas da cobertura florestal na Amazônia (PRODES, 2013). Conforme dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012) existiam 15 municípios em situação crítica de desmatamento, entre os 47 incluídos na lista crítica em desmatamento na região. Conforme Veríssimo et al. (2011), somente três estados da Amazônia legal reduziram essas taxas de desmatamento na região: Amapá, Acre e Tocantins.

Como estratégia de conservação e proteção da biodiversidade, contabilizava-se 55% (686.229,50 km²) de áreas legalmente protegidas, 32,3% (403.003,87 km²) incluídas como Unidades de Conservação (UC), as quais dividem-se em unidades de Proteção Integral e de Uso Sustentável, no Pará, de acordo com BRASIL (2000).

Estratégias para reduzir o desmatamento podem ser encontradas na silvicultura, atividade que vem se expandindo no estado do Pará, principalmente no município de Dom Eliseu com plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) e outras espécies florestais. Os cultivos têm despertado interesse para atender a demanda crescente por matéria prima na cadeia produtiva de laminados e derivados, gerando emprego e renda, além de recompor paisagens alteradas pela ação antrópica. Nesse contexto, Martorano et al. (2011) avaliaram áreas topoclimáticas mais apropriadas ao plantio de paricá e taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) no Pará para subsidiar estratégias de decisão em áreas de plantios florestais com essas espécies nativas de crescimento rápido.

A forte pressão nacional e internacional, para garantir o efeito escala da Floresta Amazônica no sistema climático global, tem mobilizado ações governamentais e não governamentais e, as taxas vêm reduzindo nos últimos anos, bem como na identificação de áreas com potencial topocliático para plantios de espécies nativas como é o caso do Paricá (TOURNE et al. 2015). O paricá é a espécie nativa da Amazônia mais plantada no Brasil. O trabalho de zoneamento topoclimático desta espécie realizado por Monteiro (2013), destaca no Pará que existem áreas com alto, médio e baixo potencial para plantio. Na análise de componentes principais, a deficiência hídrica representou o fator mais importante na expressão em crescimento e desenvolvimento da espécie, considerando sementes com alto poder germinativo e o solo em conformidade com as recomendações pedológicas. Também, ao avaliar

respostas dinâmica espectro-temporal MODIS em plantios de paricá associada a diferentes condições hídricas do solo, Monteiro et al. (2013) verificaram que o paricá respondia com NDVI mais elevados nos meses com maior oferta hídrica no solo.

Vale destacar que as respostas espectrais pela cobertura vegetal em determinado sensor remoto refletem processos complexos, envolvendo muitos parâmetros e diferentes fatores ambientais, tais como fonte de radiação, espalhamento atmosférico, características das folhas e estrutura do dossel, teores de umidade no solo, interferência da reflectância do solo, sombra, entre outros (PONZONI, 2001).

Todavia, com base em dados de campo, informações remotas, análise de índices de vegetação e análise quanto à oferta pluvial e a condição climática hídrica no solo é possível fornecer informações capazes de subsidiar estratégias de planejamento e monitoramento de uso e cobertura do solo nas áreas antrópicas no estado do Pará, podendo ser aplicada para todo Amazônia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar diferentes padrões na vegetação associados à condição hídrica no município de Dom Eliseu, Pará.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar respostas espectrais anuais em NDVI e associa-las à condição hídrica no solo no município de Dom Eliseu;
- Identificar no período de maior escassez de água no solo e avaliar dados de NDVI a partir de imagens do satélite MODIS e Landsat;
- Avaliar respostas em NDVI para indicar como estratégias de planejamento aos silvicultores em áreas de plantios de espécies nativos no Pará, inclusive indicando como uma das metodologias de aplicação para a Amazônia.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Histórico do Município de Dom Eliseu

Após o plebiscito de 1º de maio de 1988, através da lei estadual nº 5.450 de 14 de setembro de 1983, o vilarejo Filinto Müller foi elevado à categoria de distrito do município de Paragominas, e passou a ser denominado Dom Eliseu integrando o rol dos atuais 145 municípios do Estado do Pará. Sua ocupação teve início por volta de 1960, em consequência da abertura da rodovia BR 222, antiga PA 70. Apresenta densidade demográfica crescente, com população de 51.319 habitantes, ou 9,74 hab/km² (IBGE, 2015), movimentando um Produto Interno Bruto corrente anual acima de 250 milhões de reais, principalmente com serviços e atividades agropecuárias.

Os empreendedores, predominantemente oriundos do sul e sudeste do Brasil, fundaram um centro de pesquisa em Paricá para fortalecer as parcerias científicas e formar competências em sistemas silviculturais e agroflorestais. O desenvolvimento de Trabalhos de conclusão de cursos (TCCs), Dissertações de Mestrado, Teses de Doutorado e vários experimentos de campo passaram a fazer parte da rotina de vários empreendimentos agrícolas. Entre esses estudos em parceria técnico-científica cita-se os resultados das análises envolvendo planta e microrganismos, objetivando avaliar simbioses leguminosas-rizóbio, onde as bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas, de maior expressão econômica, e leguminosas-fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) foram detectadas no paricá (SIVIERO et al. 2008), indicando o interesse no fortalecimento de parcerias científicas no município de Dom Eliseu.

3.2 Caracterização de variáveis biofísicas em Dom Eliseu

O município de Dom Eliseu está situado na região leste do estado do Pará, localizado a 452 km da capital do estado, Belém, entre as latitudes 3°46,2'S e 4°37,11'S e longitudes 48° 23,4'W e 47°17,4'W, zona 23 e possui área de 5.268,794 km². Está inserido em duas sub-bacias hidrográficas: as litorâneas Pará/Maranhão e a do Rio Guamá, tendo como rios principais o Rio Gurupi, limitando o Pará com o Maranhão, e o Rio Bananal que passa ao centro do município. O rio Concrem e o Igarapé Água Suja também possuem importantes funcionalidades quanto ao abastecimento de água para a cidade.

De acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a vegetação dominante é típica de Floresta Ombrófila Densa Submontana, Dossel Emergente, normalmente composta por árvores altas, típica de clima quente e úmido. Formado por coberturas sedimentares, segundo IBGE (2008). O planalto do Gurupi-Grajaú, possuem corpos granitoides aflorados em janelas erosivas das coberturas fanerozóicas (rochas pré-cambrianas), causadores dos relevos de topos convexos no município. São encontrados vales poucos profundos, apresentando vertentes de declividade mediana e suave, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem, com densidade de drenagem grosseira-fraca (IBGE, 2008).

As condições climáticas (MARTORANO et al. 2011) para o estado do Pará, evidenciam que o município de Dom Eliseu se encontra regido por temperaturas médias variando entre 25,0 a 25,8° C e precipitação pluvial anual variando entre 1755,1 a 2.025,0 mm

Os solos variam entre Latossolos Amarelo, Latossolo Amarelo distrófico, Plintossolo pétrico concrecionário e Argissolo Vermelho amarelo distrófico, solos intemperizados, com baixos valores de pH, de Ca e Mg, alta concentração de alumínio, especialmente em regiões com elevadas precipitações (SANTOS et al. 2011; CRAVO et al. 2012).

Devido a demanda por matéria-prima para o abastecimento das indústrias, restrições ambientais e incentivos à liberação de créditos rurais, Dom Eliseu vem mudando o tipo de históricas de uso da terra com a adoção de práticas mais sustentáveis e sistemas de produção que adotem práticas conservacionistas como o plantio direto na palha. Em 2012, Dom Eliseu saiu da lista de desmatamento, por apresentar área desmatada menor ou igual a 40'km², contendo cerca de 80% dos imóveis rurais cadastrados (PORTARIA nº 324-MMA, 2012). Nesse contexto, a silvicultura, principalmente de espécies nativas como o paricá, vem influenciando fortemente na mudança da paisagem na região, principalmente nas áreas desflorestadas, por contribuir com a redução da pressão sobre as florestas naturais, geração de renda e emprego no município.

3.3 Caracterização de fatores abióticos

A influência de características climáticas, distribuição geográfica, topográficas e físico-químicas do solo sobre o crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais auxiliam no planejamento, gestão e manejo das florestas naturais e plantadas.

De acordo com Santos (2012) o clima exerce influência no desenvolvimento da agricultura, pois depende de fatores como temperatura, pluviosidade, radiação e umidade do solo. A temperatura do ar e do solo afeta todos os processos de crescimento das plantas, havendo limites térmicos mínimos, ótimos e máximo para cada estágio de crescimento (AYOADE, 2006).

Temperaturas muito baixas como inferiores do ponto de congelamento ($< 0^{\circ}\text{C}$), podem matar ou prejudicar a planta (HIGA; WREGGE, 2010). Entretanto, altas temperaturas e baixos níveis de umidade, influenciam nos processos fisiológicos da planta, na germinação das sementes e nas atividades das raízes (LARCHER, 2004). Excesso ou deficiência hídrica podem comprometer o bom desempenho agrícola, pois a água é fundamental no processo fotossintético das plantas (AYOADE, 2006).

A deficiência hídrica, principalmente para as culturas anuais como o milho reduz as taxas evapotranspiratórias pela redução do potencial de água na folha, fechamento estomático para controlar perdas hídricas (DALMAGO et al. 2006). As principais mudanças que uma planta submetida ao estresse hídrico apresenta são: menor crescimento, redução da área foliar, maior crescimento do sistema radicular, enrolamento das folhas, redução de turgor, fechamento dos estômatos, abscisão floral e alteração na permeabilidade da cutícula (XOCONOSTLE-CAZARES et al. 2010; BASTOS et al. 2011; ARSHNEY et al. 2011; SILVA et al. 2011).

Desta forma, a análise de variáveis climáticas auxilia na avaliação de áreas com aptidão (áreas homogêneas dentro de um macroclima) a determinadas espécies vegetais, sendo necessário avaliar as informações preferenciais à espécie a ser zoneada (YAMADA, 2011). Diferente dos cultivos agrícolas irrigados, nas plantações florestais o aporte de água no solo depende principalmente da precipitação pluvial, dificultando o desenvolvimento e crescimento em locais com sazonal distribuição, podendo se tornar fator limitante às plantas (BRUIJNZEEL, 1997).

Segundo Martorano et al (1999), confirmado por Monteiro (2013), entre as variáveis climáticas os resultados de balanços hídricos referentes aos valores de deficiência de água no solo apresentam-se como variáveis respostas que devem ser utilizadas em zoneamentos agroclimáticos.

O cálculo do Balanço Hídrico Climatológico (BHC), conforme Santos et al. (2010) é uma ferramenta de auxílio ao planejamento agropecuário. Seu uso permite definir as características do regime climático de uma região, tornando-se uma ferramenta de auxílio ao zoneamento agroclimático. O BHC é uma primeira avaliação hídrica de uma região, por meio

deste é possível determinar a contabilização da água em determinada camada do solo, onde se definem os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local (REICHARDT, 1990), identificando dessa forma, áreas onde as culturas podem ser exploradas com maior eficácia. Segundo Pereira et al. 2002 o BHC é a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do princípio de conservação de massa em um volume de solo vegetado. A variação do armazenamento de água no volume considerado (ΔARM), por intervalo de tempo, representa o balanço entre o que entrou e o que saiu de água dentro do volume de controle. Entretanto, existe um componente do balanço hídrico, definida como a capacidade de água disponível (CAD) de um solo a uma dada profundidade, sendo calculado da diferença de umidade entre a capacidade de campo (a máxima quantidade de água que o solo pode reter) e o ponto de murcha permanente (teor de umidade no solo, em que abaixo dele a planta não conseguirá captar água) (BARRETO et al. 2011).

Há necessidade, portanto, de aquisição e organização de bases de dados consistentes, bem como a utilização de métodos mais modernos e sofisticados no delineamento dos limites climáticos para o atendimento à adaptabilidade de novas variedades. (SEDIYAMA et al. 2001). Todos os sistemas de monitoramento do clima e conjuntos de dados climáticos exigem a melhoria da qualidade dos dados, continuidade e homogeneidade. Isso vale para praticamente todas as aplicações climatológicas, mas torna-se uma necessidade essencial em termos da capacidade de medir, detectar ou atribuir mudanças climáticas. (SILVA et al. 2014).

3.3.1 Deficiência Hídrica

Uma planta pode estar submetida a diferentes tipos de estresses ambientais. Em relação a disponibilidade hídrica, a planta pode sofrer injúrias tanto por excesso quanto por falta de água. Todavia, por estresse relacionado a deficiência é mais comum na natureza, esse termo tem sido abreviado para estresse hídrico ou déficit hídrico, gerando conflito no modo de utilização (ANGELOCCI, 2002).

O estresse hídrico afeta praticamente qualquer aspecto de crescimento das plantas, inclusive a anatomia, a morfologia a fisiologia e a bioquímica; a absorção e a translocação de água e nutrientes, induzindo, nas plantas, diversas modificações bioquímicas (frequentemente em acúmulo de açúcares e aminoácidos), alterando o metabolismo celular (BENINCASA, 2004). Além disto, o estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre o estresse também é crítico para a produtividade agrícola (PIMENTEL, 2004; INMAM-BAMBER; SMITH, 2005).

De acordo com Salamoni (2008) estresse é qualquer fator externo que exerça influência desvantajosa sobre a planta, induzindo respostas em todos os níveis do organismo, podendo ser reversíveis ou permanentes. O termo estresse hídrico geralmente é definido como um fator externo, biótico ou abiótico, que exerce uma influência desvantajosa sobre a planta, este conceito está intimamente relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a aptidão da planta para enfrentar um ambiente desfavorável (TAIZ; ZEIGER, 2004). O estresse causa desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanente (LARCHER, 2000).

Os mecanismos de resistência à deficiência hídrica podem ser divididos em escape, retardo e tolerância. No primeiro, as plantas adotam uma estratégia de “fuga”, na qual apresentam rápido desenvolvimento fenológico e alto grau de plasticidade, sendo capazes de completar seu ciclo de vida antes que a falta de água se torne severa o bastante para provocar danos fisiológicos. O retardo da desidratação corresponde à manutenção do turgor e volume celular, tanto pela absorção de água por um sistema radicular abundante quanto pela redução da perda por transpiração por intermédio do fechamento estomático ou por vias não estomáticas como a cutícula. E a tolerância à seca é um mecanismo que permite à planta manter o metabolismo, mesmo com a redução do potencial hídrico dos tecidos, devido principalmente ao acúmulo de solutos compatíveis ou osmólitos, proteínas osmoprotetoras e à capacidade antioxidante (TAIZ; ZEIGER, 2004; VERSLUES et al. 2006).

A tolerância das plantas frente a um estresse pode ser de dois tipos, se a tolerância aumenta como consequência de exposição anterior ao estresse, diz-se que a planta está aclimatada; já, se ocorre tolerância a um nível de resistência geneticamente determinado, adquirido por processo de seleção durante muitas gerações, a planta está adaptada (TAIZ; ZEIGER, 2004). Contudo, se o organismo for exposto de forma intensa e prolongada a situação de estresse, poderão se manifestar injúrias irreversíveis, mesmo que esses prejuízos ao desenvolvimento do organismo não determinem sua morte. Essa situação pode tornar a planta mais suscetível a ação de patógenos e insetos-praga que ocorrerão como consequência da diminuição de defesas do hospedeiro, contribuindo para o colapso prematuro do vegetal (FRANCELLI, 2003).

As folhas são órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada nas plantas, resultante da atividade fotossintética, assim, fatores como temperaturas elevadas em períodos de estresse hídrico causam diminuição da área foliar, e de acordo com Inman-Bamber (2004),

o tempo de exposição à seca afeta negativamente o crescimento da parte aérea, sobretudo a produção de folhas, acelerando a senescência foliar.

A seca por outro lado, é um fenômeno frequente e característico do nosso país, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, que apresentem intensidade e efeitos variáveis no espaço e no tempo. É desencadeada por persistente ausência de pluviometria significativa, onde a variabilidade espacial da precipitação torna muito mais frequente as decorrências de fenômenos regionais de seca (MENESES et al. 2006).

Entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, o deficit hídrico ocupa posição de destaque, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, é capaz de alterar o metabolismo, fenômeno que ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis (NOGUEIRA et al. 2001).

3.3.2 Altimetria

A topografia é a mais importante variável na distribuição espacial e na estrutura das florestas tropicais, porque ela comumente corresponde às mudanças nas propriedades dos solos, principalmente em relação ao regime de água e na fertilidade (RODRIGUES et al. 2007). No qual o posicionamento das raízes, é a principal estrutura responsável pela captação de nutrientes e água disponíveis no solo (HODGE, 2009).

A precipitação orográfica ou chuva de relevo é o fenômeno que se inicia quando um fluxo de ar saturado é obrigado a elevar-se frente a um obstáculo de relevo, sofrendo resfriamento em maiores altitudes; em seguida, condensando e gerando nebulosidade, tendo em seu final a possibilidade da precipitação, que pode apresentar elevação das quantidades de chuva conforme a altitude (MILANESI; GALVANI, 2011).

A influência da altitude sobre as plantas está relacionada principalmente ao gradiente térmico, pois a cada 100 m de altitude, ocorrem reduções de 0,6°C na temperatura do ar (OMETTTO, 1981; MARTORANO et al. 1999; MENDONÇA, 2007).

Entretanto, em menores altitudes, as temperaturas são mais elevadas, ocorrem influências diretas no metabolismo das plantas. Por seguinte, ocorre maior demanda evapotranspiratória, com menores condutância estomática, devido ao maior déficit de pressão de vapor, e a oferta hídrica do solo precisa suprir a demanda da planta e da atmosfera (LARCHER, 2004).

Quanto a declividade, estudos estabeleceram níveis de declividades para avaliar o grau de aptidão e auxiliar práticas florestais, principalmente em áreas acidentadas, com condições

topográficas desfavoráveis que requerem alto nível de planejamento e detalhamento (SIMÕES; FENNER, 2010), visto que além de ser responsável por delimitar as práticas de manejo de solo e mecanização, com atenção as restrições da legislação quanto às áreas de preservação permanente (APP).

3.3.3 Desmatamento

Fazer o desflorestamento ilegal reduzir ou mesmo chegar a 0, é um desafio importante para assegurar o papel da Amazônia no efeito escala do sistema climático. Cerca de 20% da área desflorestada na região é atribuída aos programas governamentais como os da região amazônica e programas de integração do centro sul do país, principalmente os programas de polo amazônico, de desenvolvimento rural e programas piloto (KOHLHEPP, 2002).

Analisando-se o meio ambiente e a legislação de proteção ambiental disponível nas décadas de 60 e 70, verifica-se que havia um conjunto de leis e de instrumentos inibitórios, todavia não existiam, ainda, mecanismos com verdadeira eficiência e eficácia que estivessem à disposição do Estado para reger e coibir atos de degradação ambiental.

De outro lado, existem várias razões para explicar e justificar o avanço florestal no Brasil. A mais convincente talvez já tenha sido explicitada, que nada mais é do que o aspecto legal (permissão). Somam-se a esse, outras, como os interesses políticos, econômicos e sociais. Acrescenta-se, ainda, a existência de extensas áreas apropriadas para essa finalidade, mão-de-obra abundante e barata, crescimento rápido da floresta em decorrência do clima, maior produtividade em relação aos países da Europa, incluindo, naturalmente alguns da América Latina, permitindo, conseqüentemente, retorno do investimento em curto prazo (COSTA et al. 2012).

Neste contexto, intensificar o reflorestamento em áreas já antropizadas tem se tornado o grande desafio na região. Assim, o zoneamento topo climático do paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), se torna peça fundamental, sendo uma espécie nativa da região com potencial industrial (MARTORANO et al. 2011; MONTEIRO, 2013; TOURNE et al. 2015; MELO et al. 2013; SILVA et al. 2013).

O Código Florestal se refere às espécies a serem plantadas, a lei é muito clara ao usar o termo “preferentemente com espécies nativas” (art. 51, in fine), não excluindo assim, é claro, outras espécies e, e muito menos, impedindo que se plante somente uma determinada espécie florestal (exótica, por exemplo).

Quanto às pesquisas silviculturais na Amazônia estas ficaram em segundo plano, destacando-se a experiência pioneira do Projeto Jari, do milionário americano Daniel K. Ludwig (1897-1992), iniciado em 1967, com o megaplantio de gmelina, pinus e, mais tarde, substituído para eucalipto. Dos 6,5 milhões de ha reflorestados no País em 2010, decorrente dos plantios deste Projeto e outros em curso, o Pará detinha 149 mil ha e o Amapá 49 mil ha, representando 3,1% do total nacional. Quantidade ínfima, se comparar com o estado do Espírito Santo, que detinha mais de 207 mil ha, com superfície 27 vezes menor do que o Pará. Cabe destacar a expansão do paricá, em plantios comerciais alcançando mais de 60 mil ha, tendo como foco irradiador o município de Dom Eliseu, a partir do final da década de 1990 e a criação do Centro de Pesquisas do Paricá, em 2003 (MARQUES et al. 2006).

3.4 A importância da Silvicultura

Na década de 50, mais especificamente no ano de 1955, tem-se os primeiros registros com o plantio de paricá no Estado do Pará, em especial no Horto do Museu Emílio Goeldi como informado por Huber, 1988. O paricá já ocupa 87.901 hectares no Pará, Maranhão e Tocantins, sendo uma das espécies nativas plantadas de valor comercial de maior destaque nos últimos 10 anos (ABRAF, 2013). Inseridos em cultivos homogêneos, sistemas de arranjo agroflorestal e consórcios florestais, evidenciando desempenho satisfatórios nesses sistemas de produção. (ALMEIDA et al. 2014; SALES et al, 2014; SILVA et al. 2015).

Produzidas em viveiros, as mudas são levadas a campo com de 25 a 35 cm de altura (SOUZA, 2003). No plantio de mudas, os silvicultores vêm utilizando o hidrogel com a função de melhorar a disponibilidade e capacidade de retenção de água e nutrientes às plantas de maneira controlada, gerando em uma menor exigência de irrigação (CHIRINO et al. 2011; MARQUES et al. 2013). Auxilia no desenvolvimento inicial da planta, garantindo a sobrevivência da muda devido ao seu baixo desenvolvimento de raízes suficientes para buscar água em regiões mais profundas do solo (CARDOSO, 2013).

Para a implantação de povoamentos deve-se escolher o espaçamento a ser utilizado. Levando em consideração o objetivo do produto final desejado, pois, espaçamentos mais amplos produzem elevada matéria seca da parte aérea, em razão do maior crescimento em diâmetro, enquanto que espaçamentos menores produzem maior biomassa por área, conseqüente do número de plantas por área (NETO et al. 2003).

No Estado do Pará, diversos espaçamentos têm sido adotados (3 m x 3 m; 4 m x 4 m; 3m x 4m; 5m x 4m; 6m x 4m), principalmente em plantios mais antigos, estando os mais recentes em maior padronização com espaçamentos de 4 m x 4 m, devido possivelmente à facilidade de mecanização (MARQUES et al. 2006; SILVA et al. 2015). Segundo Botelho (1998), certos fatores são determinantes na escolha do espaçamento de plantio, como qualidade de sítio, espécies, objetivos de manejo, condições de mercado e métodos de colheita.

A rotação dos plantios de paricá, varia de acordo com o objetivo. Em Dom Eliseu e Paragominas, no Estado do Pará, a espécie vem se destacando em colheitas em ciclos de 5 a 7 anos, com diâmetro médio em torno de 21 cm e altura de 15 m, geralmente utilizadas para fins de compensado (GALEÃO et al. 2006; SILVEIRA, 2014).

De acordo com Vidaurre et al. (2012) a produtividade média anual dos plantios encontra-se na faixa de 30 a 35 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. Esses valores são superiores ao do *Pinus* sp., que é de 25 a 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, e da *Tectona grandis* com 15 a 20 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (IWAKIRI et al. 2010). No município de Dom Eliseu e seu entorno a produtividade média do paricá varia de 25 a 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (MARTORANO et al. 2010).

No caso do paricá, a valorização da madeira está diretamente ligada ao avanço tecnológico no torno de laminação. Segundo Melo et al. (2014), mesmo que o seu processamento mecânico demonstre grande potencial (fácil descascamento, rápida secagem, ausência de nós e a possibilidade de laminação em tornos laminadores sem a necessidade de pré-tratamentos), após cinco anos de plantio com diâmetro satisfatório, o processo de laminação nos tornos tradicionais produzem perdas, as quais são solucionadas somente com adaptações no maquinário. Foram realizadas mudanças no torno tradicional (torno de fuso) para o torno desfolhador tracionado, sem garras, movidos por rolos que pressionam a tora contra a faca. Desenvolvida em Dom Eliseu, no Pará, vem proporcionando rendimento em laminação da ordem de 70 a 80 %, variando de acordo com diâmetro mínimo de tora e qualidade de fuste (sendo cilíndrico e sem deformações) (MONTEIRO, 2013).

O aparecimento de pragas também ameaça os bons resultados e são motivos de preocupação para os silvicultores das espécies, como as cigarras, que apresentam desenvolvimento hemimetabólico, passando pelas fases de ovo, ninfa móvel, ninfa imóvel e adultos. Passam por cinco ecdises, nas quais as ninfas se assemelham cada vez mais com a forma adulta (MACCAGNAN; MARTINELLI, 2004; GULLAN; CRANSTON, 2005). Segundo Zanuncio (2004), os prejuízos ocorrem durante o estágio ninfal do inseto, quando a

seiva das raízes é sugada continuamente, o que ocasiona a queda de folhas, redução no crescimento e morte das árvores.

Não encontrado apenas em plantios homogêneos, essa espécie por ser nativa e apresenta aptidão topoclimática na Amazônia, pode ser inserida em arranjos florestais, sendo uma das mais recomendadas e citadas (16%) em trabalhos científicos envolvendo SAFs, em uma análise de 25 anos realizada por (BRIENZA et al. 2008, BRIENZA et al. 2009). Monteiro (2010), afirma que a escolha da espécie paricá para a implantação de sistemas agroflorestais atinge um percentual de 38% na preferência de empresas madeireiras, devido ao seu rápido crescimento e alta adaptabilidade, devido a sua resistência ao ataque de pragas e doenças, a elevada produtividade, a aceitação comercial e os elevados preços dos produtos manufaturado e adaptação em áreas com baixos níveis de nutrientes (GAZAEL FILHO et al. 2007; RUIVO et al. 2010; MELO, 2012).

Em relação ao reflorestamento com espécies arbóreas nativas, não é tão utilizado quando comparado ao uso de espécies exóticas de interesse econômico, como o eucalipto. A falta de conhecimento sobre as espécies nativas em plantios comerciais e de tecnologia na implantação em grandes áreas são alguns dos causadores (FLORES-AYLAS, 2003). Marques et al. (2004), Bressiani (2010) e Tavares (2013), demonstraram que o paricá é uma espécie com alta exigência nutricional, inferindo a necessidade de alta disponibilidade de nutrientes para que tenha capacidade de apresentar todo seu potencial produtivo. Destacam-se grande número de paricás em localidades com temperatura média do ar entre 25,0 e 26,5 °C e altitudes até 300 m (MARTORANO et al. 2011).

3.5 Geoprocessamento aplicado à silvicultura

As geotecnologias se baseiam na referência geográfica para disponibilizar informação para o planejamento territorial. Essas técnicas auxiliam o planejamento e o gerenciamento, sendo representados através do Sistema de Posicionamento Global (SIG), Sensoriamento Remoto e Posicionalmente Global (GPS), tendo em vista cada vez mais destaque no setor florestal.

De acordo com Burrough (1989), o uso de SIG permite aplicar metodologias diferenciadas visando ao levantamento e planejamento da produção florestal, onde, uma única base de dados possua as informações espaciais provenientes de um relatório de levantamentos de solos, imagens de satélite ou de radar, mapas geológicos, geomorfológicos,

planialtimétricos, climáticos e mapas de vegetação (BOLFE et al. 2004; RIBEIRO, 2006). A implantação e o manejo das florestas são amparados nos mais variados produtos cartográficos, tais como mapas temáticos, imagens de satélite e modelos digitais de terreno (ASSAD et al., 1998).

3.6 Sistemas de informações geográficas (SIG)

Avanços técnicos, metodológicos e conceituais, no âmbito tecnológico estão sendo de grande importância ao geoprocessamento. Por conta deste fator, o entendimento do processo e os fundamentos em novas tecnologias de manipulação de dados, a partir do seu atributo de localização vêm tornando difundido e amplamente utilizado em várias áreas do conhecimento científico (SANTOS, 2010). Através da utilização de ferramentas como SIG e GPS, os planos de manejo podem ser gradualmente reavaliados e melhorados visando a otimização das soluções, execuções que seriam inviáveis financeiramente pelo uso das técnicas tradicionais, em virtude a capacidade de obtenção e processamento de informações (BOLFE, 2002).

Em se tratando de sua aplicação em pequenas áreas, a utilização de um banco de dados com diferentes planos de informações é possível ampliar sua aplicabilidade, entretanto, há a possibilidade de aprimoramento, tornando-se estruturalmente maior e mais complexo, quando aumentado para estudos em grandes áreas. Por isto, atividades que compreendam uma ampla área como no manejo de florestas ou onde exista a necessidade de um controle espacial rigoroso como em um experimento, pode ser gerida através de um sistema de informações geográfica (NELSON et al. 2002). Através do SIG, o planejador pode não só visualizar e propor soluções para determinado problema, como também permite a alteração, de forma rápida, de uma solução gerada pelo sistema por uma outra que considere outros fatores (FARIA, 2012).

Ainda que Bolfe et al. (2004) afirme que as empresas possuam dificuldades para organizarem um banco de dados, segundo Pereira et al. (2001) os avanços em relação a computação gráfica, banco de dados, o aumento da capacidade de computadores aliada a queda de custo possibilitam um avanço na área de Geoprocessamento. Conforme Borém et al. (2015), os SIGS auxiliam no mapeamento de áreas de preservação, detecção de incêndios florestais, mercado de carbono aplicado a agrossistemas, biomassa para a produção de energia e zoneamento do mogno.

3.7 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto destaca-se no fornecimento de dados repetitivos e consistentes da superfície terrestre (NOVO, 2010), possuindo sensores que têm por finalidade captar a REM proveniente da superfície terrestre, e transformar a energia conduzida pela onda, em pulso eletrônico ou valor digital proporcional à intensidade desta energia, sendo ela ativa ou passiva (JENSEN, 2009).

O uso de informações remotas tem sido amplamente utilizadas pela comunidade científica, pois, os dados adquiridos através de sensores remotos, sejam eles orbital ou aerotransportado, têm sido empregados com sucesso em aplicações que envolvem grandes extensões territoriais e permitido estudos com resultados cada vez mais promissores (HYPPA et al. 2000; KERR, 2003). Jensen (2009) informa que a fotografia aérea, o sensor hiperespectral HSS (*Hiperespectral Scanner System*); sensor multiespectral MSS (*Multiespectral Scanner System*); Radar (*Radio Detection and Ranging*); Lidar (*Light Detection and Ranging*) e videografia aérea estão entre os principais utilizados. Segundo Mausel et al. (1993), a videografia aérea é um ramo do sensoriamento remoto com muitas características que permitem sua utilização em várias aplicações.

Através da álgebra de mapas ou modelagem cartográfico, são definidas operações e funções que representam imagens, grades numéricas, mapas temáticos, os quais auxiliam podem por meio da linguagem se apresentam em expressões similares às expressões algébricas matemáticas, é uma técnica que utiliza fundamentos matemáticos, estatísticos e lógicos sobre planos de informações (biblioteca de mapas) em ambiente SIG, realizando análises espaciais, distinguindo assim o SIG de outros sistemas computacional. (TOMLIN, 1994; DEMERS, 2002; MOTTA et al. 2004).

Como forma de facilitar e agilizar os procedimentos operacionais, o princípio da álgebra de mapas está baseado em um conjunto de operações matemáticas realizadas para cada unidade de pixel considerando cada camada. Assim, a restrição para se usar o modelo é que tanto os dados de entrada quanto aqueles de saída sejam em formato matricial (DEMERS, 2002).

De acordo com Quadros (2015), no que tange a prevenção de impactos, o sensoriamento remoto e as geotecnologias são as principais e fundamentais ferramentas, objetivando auxiliar uma série de medidas como forma de controle do avanço do desmatamento e degradação florestal na Amazônia.

No setor florestal, o sensoriamento tem sido aplicado na estimativa volumétrica, a partir do escaneamento digital de florestas potencializando o uso de técnicas de precisão no processo de planejamento da exploração florestal, tornando essas estimativas referências de consolidação do manejo. Com isso, espera-se que o planejamento reproduza melhor a realidade de campo, como os resultados de estimativas de volume, biomassa, área basal e contagem de árvores (IOKI et al. 2010; GONÇALVES et al. 2011).

O sensoriamento remoto aplicado ao setor de floresta plantada também é bastante promissor. Utilizado para estimar a produtividade e o volume de povoamentos florestais, através de processos radiométricos, ou seja, índices de vegetação aliado a verificação de campo (LI; FOX, 2012; ALVARES et al. 2013). São utilizados índices cujas informações de refletância da superfície de bandas específicas do espectro eletromagnético, em que a maioria envolve faixas do infravermelho próximo, devido à alta refletância da vegetação nessa parte do espectro (SCHEPERS et al. 2014; RESENDE et al. 2015).

Segundo Braga et al. (2009), radiações localizadas na faixa do vermelho e azul são responsáveis pelo aumento na fotossíntese, pois são absorvidas em maior quantidade, já na região do infravermelho próximo ocorre uma alta refletância e em relação à região do visível, cerca de 40 a 60% da radiação incidente é espalhada (PONZONI; SHIMABUKURU, 2012; PINTO et al. 2014). De acordo com Ponzoni et al. (2012), a menor refletância da vegetação na região do visível ocorre pela alta absorção da radiação pelos pigmentos fotossintetizantes.

Desenvolvido por Rouse et al. (1973), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), é o mais conhecido e utilizado para o monitoramento da vegetação. É obtido entre relação das reflectâncias nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, com produto já processado disponibilizado pela NASA ou através da matemática de bandas.

De acordo com Florenzano (2002), as imagens obtidas a partir dos satélites americanos Landsat são as mais conhecidas, acessíveis e utilizadas em nosso país. As imagens dos sensores orbitais TM/Landsat-5 e ETM+/Landsat-7, são as mais empregadas, devido a sua capacidade de utilização e disponibilidade para acesso, obtendo bons resultados na identificação de resposta espectral da vegetação e estimativa de volume total de eucalipto (BERRA et al. 2012; ALMEIDA et al. 2015).

Entretanto, ainda que a resolução espacial de 30 m (no multiespectral) e 15 m (no pancromático), a faixa de imageamento do LANDSAT que é de 185 km, apresenta limitações quanto à resolução temporal, a cada 16 dias, já que neste intervalo podem ocorrer imageamentos

com presença de nuvens e forte alteração atmosférica, impossibilitando o monitoramento, principalmente em grandes áreas. Em 2011, o satélite da LANDSAT deixou de funcionar e o acesso às imagens foi suspenso, retornando em 2013, com o satélite LANDSAT-8 (MONTEIRO, 2013).

O sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) é o principal instrumento a bordo dos satélites TERRA e AQUA. As imagens e produtos registrados são fornecidas de forma gratuita pela NASA e tem viabilizado o uso dos dados MODIS em um grande número de estudos e por usuários do mundo inteiro, indistintamente, processados e divididos em cinco níveis (0 a 4), e de acordo com o grau de processamento realizado, passam a ser chamados de produtos (BACKES, 2010).

É um instrumento designado a mensurar os processos biológicos e físicos globais com observações de toda superfície terrestre a cada um ou dois dias, adquirindo dados de alta sensibilidade radiométrica em 36 bandas espectrais que se situam entre 0,4 μm e 14,4 μm e se distribuindo em diferentes grupos de resolução espacial (SOARES et al. 2007). O Sensor, apresenta diferentes resoluções espaciais, são obtidas imagens de cobertura global com dados atmosféricos e de superfície nas resoluções espaciais de 250 m, 500m e 1.000 m, as quais são consideradas imagens de baixa resolução espacial, dificultando a precisão em menores áreas.

A tecnologia avança, e a pesquisa tem buscado novas soluções para certos problemas, ainda que o potencial dos satélites utilizados atualmente ainda não tem sido trabalhos por completo para seus pontos de interesse.

3.8 Aquisição de imagens modis

A National Aeronautics and Space Administration (NASA) mantém um programa de longa duração de observação da superfície terrestre, de oceanos e da atmosfera (Earth Science Enterprises - ESE), que tem por objetivo compreender a dinâmica do planeta Terra como um sistema integrado e determinar quais mudanças estão acontecendo e quais as consequências disto para a vida no planeta. O MODIS é um dos cinco instrumentos do satélite TERRA, formalmente conhecido como EOS-AM. Os outros sensores a bordo deste satélite são: CERES, ASTER, MISR e MOPITT. (JUSTICE et al. 2002).

O sensor MODIS possui largura de bandas projetada para satisfazer os requerimentos de três campos de estudos: definidos para atender requisitos das pesquisas da atmosfera, do oceano e da superfície terrestre, com bandas específicas para correção atmosférica. A resolução

espacial, Ground-projected Instantaneous Field Of View (GIFOV), ao nadir, é de 250 m (2 Bandas - bandas 1 e 2), 500 m (5 bandas - bandas 3 a 7), 1000 m (29 bandas - bandas 7 a 36). Devido à resolução radiométrica do sensor Modis, os dados são quantizados em 12 bits (4096 níveis digitais - ND) e disponibilizados em 16 bits (65.536 ND). A resolução temporal é de 1 a 2 dias, dependendo da latitude (BARNES et al. 1998; KAUFMAN et al. 1998; VAN LEEUWEN et al. 1999; JUSTICE et al. 2002; LATORRE et al. 2003).

O MODIS possui 36 bandas, que operam no espectro de 0,4 a 14,4 μm . Localizadas em função de comprimentos de onda específicos, cuidadosamente escolhidos para a observação de feições das propriedades das nuvens, na dinâmica e características da vegetação e na temperatura de superfície dos oceanos no mundo (BARKER et al. 1992; ANDERSON, 2004). O objetivo dos produtos voltados para aplicações terrestres gerados pelo sistema MODIS está basicamente, na quantificação e detecção das mudanças na cobertura da terra devidos aos processos naturais e antrópicos, auxiliando assim nos diversos modelos regionais e globais existentes. O produto MOD13 refere-se aos índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*) gerados automaticamente e disponibilizados na forma de mosaicos.

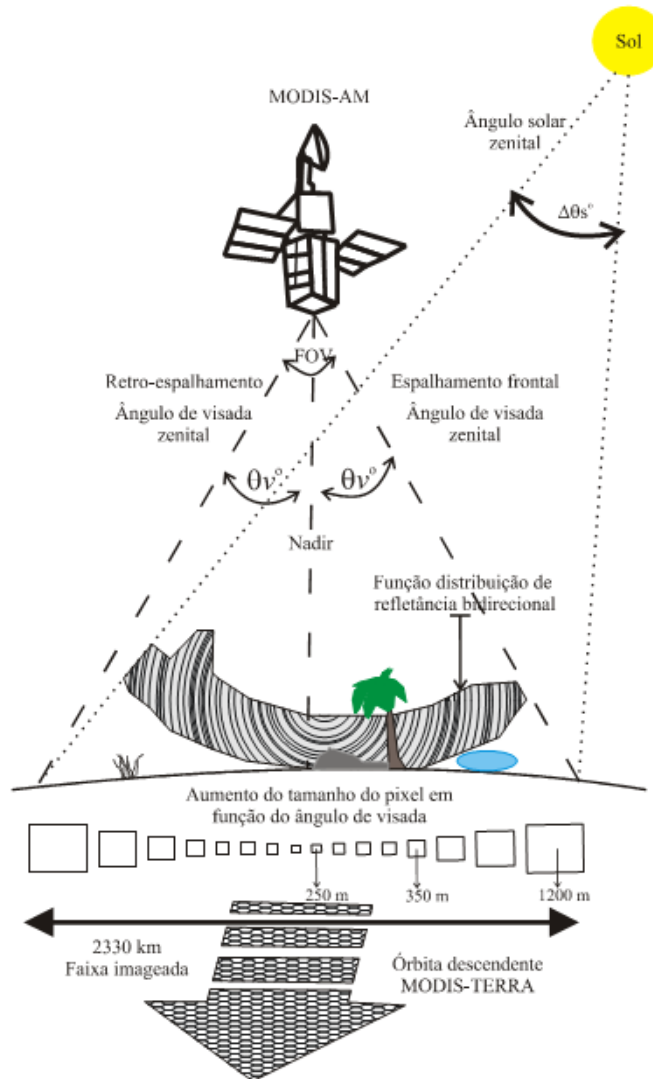
Os índices de vegetação maximizam o monitoramento da cobertura da terra, em escala global com resoluções espaciais e temporais mais acuradas possíveis dentro das características do instrumento e das propriedades das superfícies imageadas (HUETE et al. 1988). O algoritmo para a geração dos índices de vegetação MODIS opera pixel a pixel e leva em conta múltiplas observações em um período de 16 dias (VAN LEEUWEN et al. 1999).

Através da utilização de imagens de satélite, obtém-se a análise multitemporal, que permite explorar mudanças transcorridas na área analisada, apresentadas sob o formato de um mapa (BENEDETTI, 2010). A obtenção destes mapas temporais da cobertura da terra nos permite identificar a dinâmica da paisagem, bem como avaliar os rumos tomados pela sociedade no que diz respeito ao crescimento econômico e à exploração dos recursos naturais.

A fim de garantir a cobertura diária em quase todo o planeta, o campo de visada, o Field of View (FOV) de 110° representa uma largura nominal da faixa imageada de 2.330 km. Por causa da largura da faixa imageada, do efeito de curvatura da Terra, da rotação da Terra e da velocidade angular de varredura do espelho ocorre o efeito panorâmico e o “bow-tie” (Schott, 1997). No limite da largura da área imageada (swath), o pixel tem o seu tamanho aumentado a uma razão de 2 vezes na direção da linha de imageamento (along-track) e de 5 vezes na direção

da linha de imageamento (across-track) (VAN LEEUWEN et al. 1999; JU et al. 2010) (Figura 1).

Figura 1- Representação esquemática do aumento do tamanho do pixel em função do ângulo de visada: 0° (250x250m); 15° (270 x 260m); 30°(350x 285m); 45°(610x380m) e 55° (1200x450m).



Fonte: Adami (2010).

A utilização do modelo de mistura espectral em dados de baixa resolução espacial tem sido utilizada com sucesso. A aplicação deste modelo apresenta-se vantajoso por se trabalhar no nível de subpixel, onde a classificação das imagens fração apresentaram melhores resultados, quando comparada com a classificação realizada através das bandas originais (RODRIGUEZ; YI, 1998).

O satélite detém um maior número de bandas espectrais que os outros imageadores de baixa - média resolução espacial já lançados (SOARES et al. 2007). No Brasil, o Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) possui em Cuiabá (MT) uma estação de recepção de dados do sensor MODIS, que cobre boa parte da América do Sul (RAFAELLI et al. 2006).

3.8.1 Produto MOD13Q1

Com relação às aplicações terrestres, o produto MOD13Q1 é particularmente interessante ao monitoramento da atividade agrícola. Este produto contém composições de imagens de 16 dias sob a forma dos índices de vegetação (IVs) NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*), além da reflectância de superfície correspondente às bandas do azul, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio, em uma resolução espacial de 250m (as bandas do azul e infravermelho médio, originalmente obtidas com 500m de resolução espacial, são reamostradas para 250m). Para cada ponto da imagem o algoritmo seleciona o pixel de melhor qualidade em relação à geometria de visada e interferência atmosférica dentre todas as passagens do período, que é então utilizado na geração das imagens compostas (KLERING, 2007).

O NDVI é uma relação entre as refletâncias (ρ) das bandas do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho (V) e visa eliminar diferenças sazonais do ângulo de elevação solar e minimizar os efeitos de atenuação atmosférica em imagens multitemporais. O NDVI é sensível à presença de clorofila e outros pigmentos da vegetação, responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho (HUETE et al. 2002). Ele constitui o índice mais utilizado nos diversos estudos sobre a vegetação que envolve o uso dos dados de Sensoriamento Remoto (MOREIRA, 2011). É expresso pela razão entre a diferença da medida da reflectância (ρ) nos canais do infravermelho próximo (0,70 - 1,30 μm) e do vermelho (0,55 - 0,70 μm) e a soma desses canais (ROUSE et al. 1973), ou seja: $\text{NDVI} = (\rho_{\text{IVP}} - \rho_{\text{V}}) / (\rho_{\text{IVP}} + \rho_{\text{V}})$, em que ρ_{IVP} corresponde à resposta espectral do pixel na banda do infravermelho próximo, e ρ_{V} corresponde à resposta espectral do pixel na banda do vermelho visível. Segundo Moreira (2005), o NDVI é o índice mais utilizado em diferentes estudos, sobre vegetação, que envolvem o uso dos dados de sensoriamento remoto, sendo que seus valores variam de -1 a 1 e está diretamente relacionado com o vigor da vegetação, valores mais altos indicam vegetação mais vigorosa.

3.8.2 Índice de vegetação

A razão entre as respostas em duas bandas espectrais pode ser utilizada como um indicador eficiente quando o fenômeno em estudo responde de maneira distinta na região do

espectro eletromagnético compreendida por cada uma das bandas. A vegetação, por exemplo, frente ao aumento de cobertura, responde de maneira inversa nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Assim, a razão entre as duas bandas situadas nessas duas regiões, constituem-se de um indicador adequado e frequentemente tem sido utilizado para o monitoramento da vegetação. Alguns exemplos de trabalhos como Fonseca et al. (2006), Almeida et al. (2005), mostram que os índices de vegetação podem ser usados para caracterizar parâmetros biofísicos da vegetação.

Os índices de vegetação têm por objetivo aumentar a quantidade de informação relacionada à vegetação verde e ao mesmo tempo minimizar os efeitos do substrato, da geometria de aquisição dos dados e da atmosfera, com base na utilização de várias bandas combinadas (MEER; DE JONG, 2001). Devido às características de reflectância/absorção, os índices de vegetação tendem a combinar bandas de distintas regiões do espectro. Assim, os índices de vegetação podem ser divididos em grandes grupos relacionados: aos pigmentos, ao conteúdo de água do dossel, à eficiência do uso da luz e à borda vermelha.

Dezenas de índices de vegetação de bandas estreitas podem ser calculados com dados hiperespectrais, avaliados em função de sua sensibilidade aos efeitos direcionais e correlação com a produtividade. Entretanto, nem todos podem ser analisados usando as bandas do MODIS. Os índices MSI, NDII, NDWI e WBI estão mais associados com o conteúdo de água das folhas. O PSRI pode indicar estresse, enquanto o PRI e o SIPI podem expressar a eficiência do uso da luz. Os índices RENDVI, REP e VOG1 são índices propostos para caracterizar a feição da borda vermelha (“red edge”) nos espectros de vegetação (GALVÃO et al. 2009)

A diferenciação da vegetação através das técnicas de sensoriamento remoto é possível no intervalo de 0,4 até 2,5 μ m, pois neste intervalo as folhas são caracterizadas por comportamentos específicos de reflexão, absorção e transmissão. A baixa refletância na região do visível é devido aos pigmentos existentes nas folhas, como a clorofila, representando um importante papel nessa região do espectro. (COLLAÇO et al, 2007).

O NDVI vem sendo utilizado em muitos estudos e em aplicações de várias áreas, tais como: agricultura, floresta, saúde, epidemiologia, monitoramento das condições ambientais e desmatamento (HUETE et al. 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

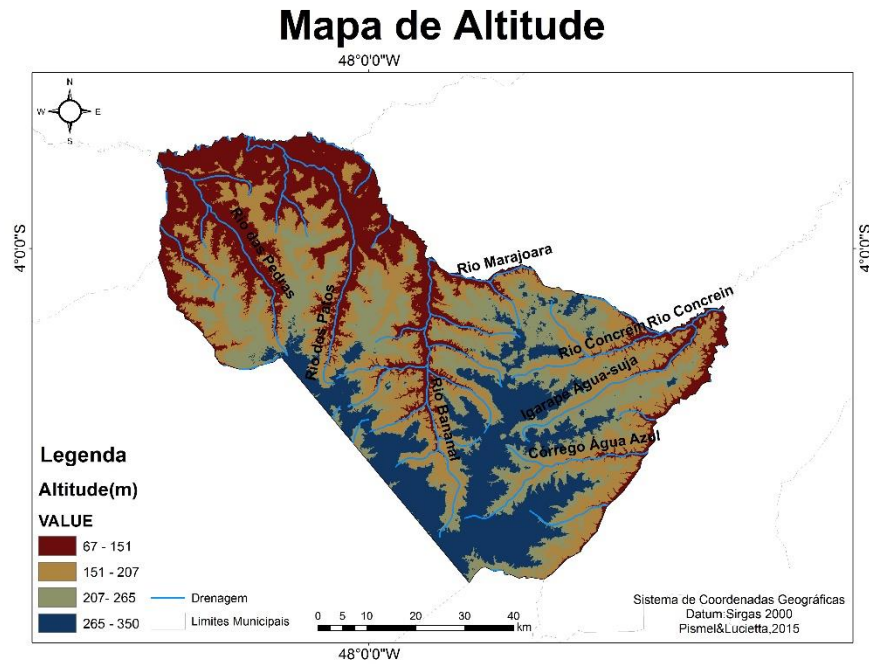
4.1 Área de Estudo

O município de Dom Eliseu, localizado na mesorregião do Sudeste paraense, a 452 km da capital do Estado, encontra-se entre as latitudes 03°46,2'S e 04°37,11'S e longitudes 48°23,4'W e 47°17,4'W e possui uma área de 5.268,794 km². Está inserido em duas sub-bacias hidrográficas: as litorâneas Pará/Maranhão e a do Rio Guamá, tendo como rios principais o Rio Gurupi, limitando o Pará com o Maranhão e o Rio Bananal que passa ao centro do município. O rio Concrem e o Igarapé Água Suja, também possuem importantes funcionalidades quanto ao abastecimento de água para a cidade de Dom Eliseu.

De acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a vegetação dominante é típica de Floresta Ombrófila Densa Submontana Dossel Emergente, normalmente composta por árvores altas, típica de clima quente e úmido. As condições climáticas estão associadas temperaturas médias entre 25,0 a 25,8 °C e precipitação pluvial anual em torno de 2.000 mm (MARTORANO et al. 1999)

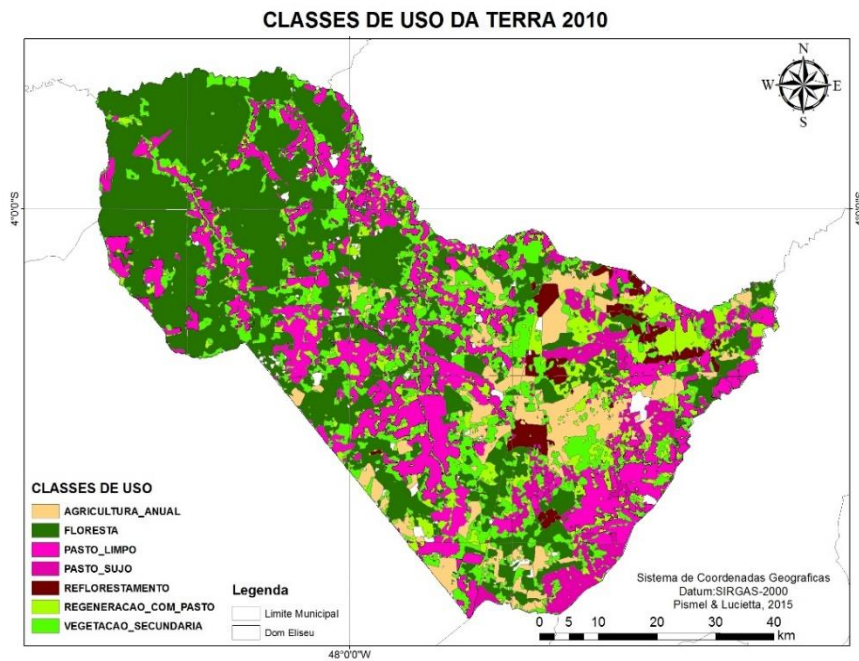
Para identificar os grandes padrões altimétricos no município de Dom Eliseu, fez-se recortes nas imagens do TOPODATA, quadrícula (03S48ZN; 03S49ZN; 04S48ZN e 04S495ZN), compatíveis com a articulação 1:250.000. Assim através das faixas fornecidas pelo shape, foi possível observar que existem faixas abaixo de 90m e valores superiores a 300m (Figura 2). Também, realizou-se um recorte do município, a partir da base geoespacial disponibilizada pela EMBRAPA/INPE, correspondente ao Projeto TerraClass no ano de 2010, fazendo-se um agrupamento de classes de uso do solo (Figura 3).

Figura 2- Altitude no município de Dom Eliseu.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3- Padrões de uso e cobertura do solo de Dom Eliseu em 2010.



Fonte: EMBRAPA/INPE.

4.2 Software utilizados

Foram utilizados os sistemas computacionais:

- **ARCGIS 10.1:** Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizou-se para a criação de intervalo de classe e reclassificação com o objetivo de gerar mapas temáticos.
- **ENVI 4.7:** Processador de imagens comumente utilizado no sensoriamento remoto, utilizado para a execução da matemática de bandas e Recorte.
- **MODIS REPROJECTION TOOL (MRT):** Permite converter as imagens MODIS originalmente no formato HDF para GEOTIFF. Assim sendo, foram transformadas em GEOTIF mais de 14 imagens.

4.3 Aquisição das imagens e pré-processamento

Adotou-se a mesma metodologia de classificação e validação utilizada por Monteiro et al. (2013). Os valores de NDVI foram analisados para identificar diferentes feições no município, dentre elas os plantios de paricá. Assim, os padrões de uso e cobertura do solo foram avaliados aplicando metodologia de classificação supervisionada, nas imagens MODIS.

Foi necessária a elaboração de um recorte nas imagens do produto MOD13, a partir da localização do quadrante do município, Tile h13v09. As imagens MODIS foram selecionadas, no período de janeiro a dezembro de 2012 e dois (02) nos meses de Março e Novembro de 2015, totalizando 14 imagens com resolução radiométrica de 16 bits, resolução espacial de 250m e periodicidade de 16 dias. Vale destacar que o diretório MOD13 inclui o índice NDVI, sendo designado para monitorar padrões temporais e espaciais da atividade fotossintética. Assim, essas informações foram obtidas de produtos de ecossistemas terrestres (MOD13Q1) plataforma TERRA, pertencentes ao programa EOS (*Earth Observing System*) disponíveis no site da NASA. As imagens foram reprojatadas de sinusoidal para o sistema de coordenadas geográficas, Datum WGS 1984, convertidas para formato GEOTIFF, utilizando o aplicativo *Modis Reprojection Tool* (MRT).

Após a conversão, Através da função Reclassify do ArcGIS, os dados do NDVI foram reclassificados em cinco classes para cada mês (Tabela 1). Dessa forma, as imagens ficaram representadas por níveis que variam de 1 a 5 que corresponde, respectivamente, às melhores condições de cobertura vegetal e piores condições encontradas na área em estudo.

Tabela 1- Níveis de NDVI

Reclassificação	Intervalo	Classe NDVI
1	<0,2	Baixíssima
2	0,2-0,4	Baixa
3	0,3-,05	Média
4	0,5-0,6	Alta
5	0,6	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo autor.

A metodologia utilizada deste trabalho baseou-se em estudos anteriores como Novo (2010); Ponzoni et al. (2012) e Quadros (2015), que foi testada por Monteiro et al. (2013), identificando que é possível avaliar diferentes feições no município de Dom Eliseu, dentre elas os plantios de paricá, aspectos fenológicos e a detecção de mudanças. O NDVI foi analisado utilizando a equação abaixo.

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

Onde IVP representa a reflectância da superfície nas bandas do Infravermelho Próximo (faixa entre 0,75 a 0,90 μm) e V representa a refletância na banda do vermelho (0,63 – 0,70 μm). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) foi calculado no aplicativo Envi 4.7, expresso pela razão entre a diferença e a soma das medidas de refletância nos canais do vermelho e infravermelho próximo (ROUSE et al. 1973). Os histogramas das imagens foram analisados para identificar os intervalos de NDVI que melhor representasse os alvos na área de estudo. Por meio da função *Reclassify* do ArcGIS10.1, as classes foram reclassificadas e posteriormente analisadas. Portanto, o NDVI expressa o vigor da vegetação, possibilitando o mapeamento de áreas com diferentes índices de cobertura vegetal.

Foram comparados os valores de NDVI para os meses de janeiro a abril procurando avaliar respostas espectrais no período de maior oferta pluvial no município de Dom Eliseu, que coincide com a grande dominância do período chuvoso na Amazônia. Avaliou-se o período subsequente, de maio a agosto que representa o período transacional com reduções na oferta pluvial na região. O período de setembro a dezembro, por ser o menos chuvoso, foi analisado

para as mesmas classes de NDVI no sentido de avaliar possíveis correlações com a deficiência hídrica visando avaliar a dinâmica espectral da vegetação no período mais seco no município.

Para identificar o perfil espectro-temporal e possíveis influências das condições hídricas no município foram utilizados dados de série histórica de precipitação pluvial de 1983 a 2012, disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA), os quais foram tratados e expressos em quartis para entendimento das características de precipitação pluvial no Município de Dom Eliseu. Também, foram analisados dados de deficiência hídrica mensal, considerando a capacidade disponível de água no solo (CAD) igual a 300 mm, espacializados em escala de 3 km x 3 km, utilizando-se a mesma base de Martorano et al. (2011) com recorte para a área de abrangência do município estudado. Além disso, utilizou-se 3.996 pontos fornecidos por Lisboa (2008), em grade regular, necessários para cobrir 1.247.690 km² do Estado do Pará, por meio do software Arcgis 10.1 com recorte para a área de abrangência do município estudado.

Através da função *Extract by Mask* foram extraídos os layers de NDVI para cada ponto de CAD fornecidos e gerados gráficos de classes de NDVI, precipitação pluvial e deficiência hídrica associado ao NDVI. Resultando em uma publicação na revista de climatologia (B1): ISSN: 2237-8642.

4.4 Verificação de áreas de campo

Foram realizadas visitas em cinco fazendas do município de Dom Eliseu durante o período de 14 a 18 de outubro de 2015. As propriedades Concrem I e II e Saturno possuem áreas de reflorestamento total de 2.114,73 e 354,48 ha, respectivamente. Também foram visitadas as fazendas Esperança com uma área de 250,22 ha (Figura 4 e 5) e a Fazenda Itália com 199,62 ha (Figura 6) e Ebenezer com 1986,81 ha de extensão. Assim, a campo fez-se a verificação de áreas com plantios florestais e áreas preparadas para cultivos agrícolas anuais. Todas as informações foram georreferenciadas para, posteriormente realizar o tratamento dos dados em laboratório.

Figura 4-Área preparada para cultivos anuais em Dom Eliseu, Fazenda Esperança, PA.



Fonte: Imagem registrada a campo pelo autor

Figura 5- Plantio da espécie florestal paricá, município de Dom Eliseu, Fazenda Esperança, PA



Fonte: Imagem registrada a campo pelo autor

Figura 6- Área de agricultura e plantio de eucalipto, município de Dom Eliseu, Fazenda Itália, PA

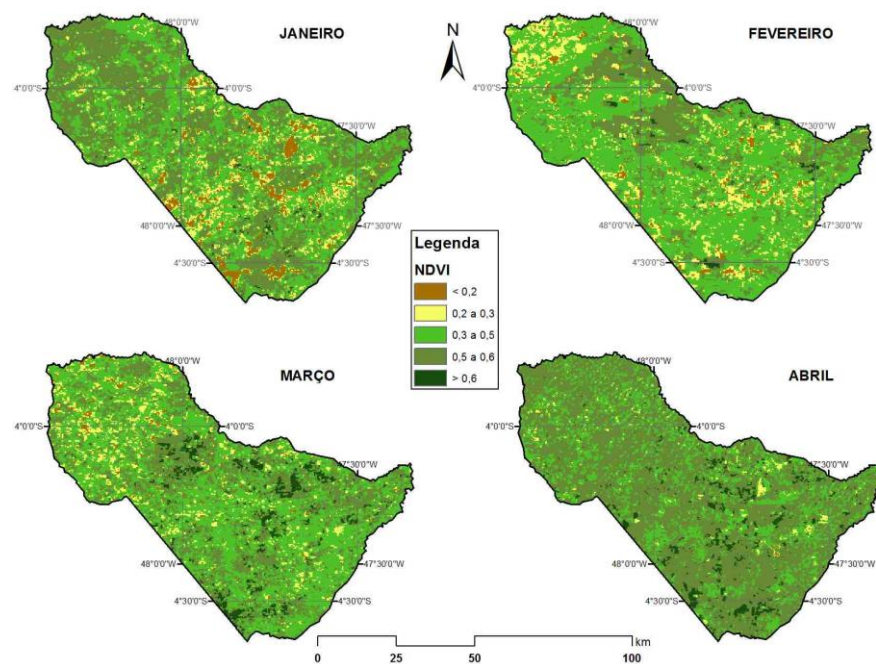


Fonte: Imagem registrada a campo pelo autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se variação do NDVI em resposta aos diferentes tipos de uso e cobertura do solo, onde os valores de menor NDVI foram identificados pela cor marrom, contendo dados inferiores a 0,2 e os maiores valores com NDVI superior a 0,6. Ao avaliar a dinâmica de NDVI, os valores mais elevados nesse período estão associados aos cultivos agrícolas, plantios e os remanescentes florestais. Ao considerar que a semeadura das culturas anuais, principalmente soja e milho, ocorreu entre os meses de janeiro e fevereiro, época em que existe alta oferta pluvial, ou seja, com médias variando entre 260 a 350 mm, então os valores de NDVI entre março e abril estavam entre 0,5 a 0,6, incluídos na classe 4, típico de cultivos anuais. (Figura 7)

Figura 7- Dinâmica espectral da vegetação expressa em intervalos de classe de NDVI no período de janeiro a abril de 2012, em Dom Eliseu.

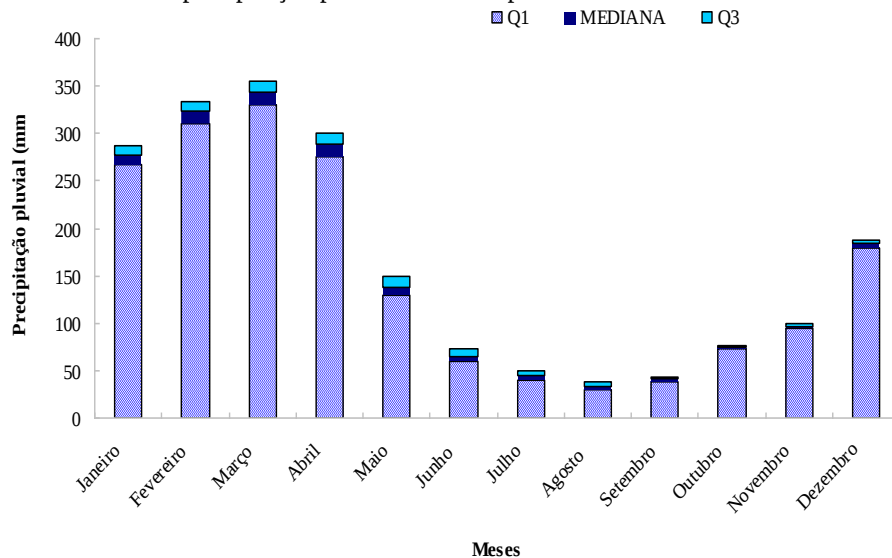


Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar a Figura 8, observa-se que existe maior variabilidade no período chuvoso no primeiro quartil (0,25), com mediana de 340 mm no mês de março, diferente dos meses menos chuvosos, que ocorre no terceiro quartil (0,75) quando as chuvas são inferiores a 50 mm, no período de julho a setembro. Os valores voltam a aumentar a partir do mês de dezembro com mediana próxima aos 190 mm. No período de janeiro a abril, onde se concentram as maiores

variações pluviais equivalem a 64% do valor total médio anual. O terceiro trimestre do ano é o menos chuvoso, pois concentra cerca de 6% da precipitação anual. Os 29% restantes estão concentrados entre os períodos de maio a junho e outubro a dezembro, sendo que no último trimestre são contabilizados 18% dos eventos pluviais.

Figura 8- Dinâmica mensal da precipitação pluvial no município de Dom Eliseu.



Fonte: ANA. Série histórica do ano de 2012.

Analisando as precipitações pluviais no período de janeiro a abril, nota-se que os valores ultrapassam os 300 mm mensais, sendo os meses mais chuvosos fevereiro e março com valores da ordem de 320 mm e 340 mm, respectivamente. Segundo Zoungrana et al. (2015), o NDVI é mais sensível a variação da precipitação que outras variáveis climáticas.

Considerando-se que o período de semeadura das culturas ocorreu entre os meses de janeiro e fevereiro os valores em NDVI indicam que os estoques de água no solo, no período chuvoso, principalmente entre os meses de março e abril, o NDVI apresentou valores mais elevados, predominando na faixa entre 0,5 a 0,6, identificado pela classe 4.

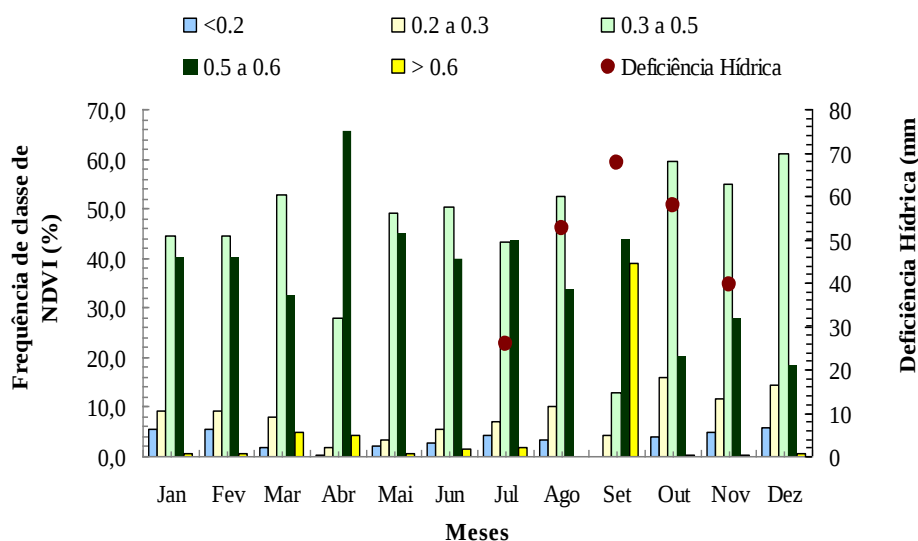
No período de agosto e setembro, que coincide com os máximos de deficiência hídrica, as áreas com remanescentes florestais se destacam, pois apresentam NDVI superiores a 0,6, indicando a capacidade das espécies florestais em explorar as camadas mais profundas do solo, para suprir a escassez de água nesse período ao comparar com as áreas que estavam com cultivos anuais, ou pastagens, por exemplo.

Esses resultados corroboram com os resultados apresentados por Huete et al. (2006), que reforçam quanto a capacidade de suprir a falta de água no solo em áreas com florestas, pois

as mesmas apresentam estratégias de reposição de água pelas raízes mais profundas, garantindo a atividade fotossintética e, consequente, mantendo ou suavizando sua capacidade de produção de fitomassa, em períodos secos.

Segundo Barbosa et al. (2011), o comportamento do NDVI está fortemente influenciado pela precipitação pluvial e responde temporalmente, com defasagem que pode variar entre dois a três meses, ou seja, o NDVI expressa reduções no teor de água no solo após um determinado tempo de redução das chuvas, corroborando com os resultados obtidos por Vicente-Serrano et al. (2012), que avaliaram a refletância da vegetação à condição hídrica no solo. Com o início do período de redução em maio, observou-se reduções em NDVI a partir de agosto (Figura 9), indicando que as respostas em NDVI auxiliam na identificação de períodos de escassez hídrica, evidenciando o potencial dessas informações no diagnóstico de padrões na vegetação usando imagens de satélites.

Figura 9- Faixas de NDVI no município de Dom Eliseu, no ano de 2012.



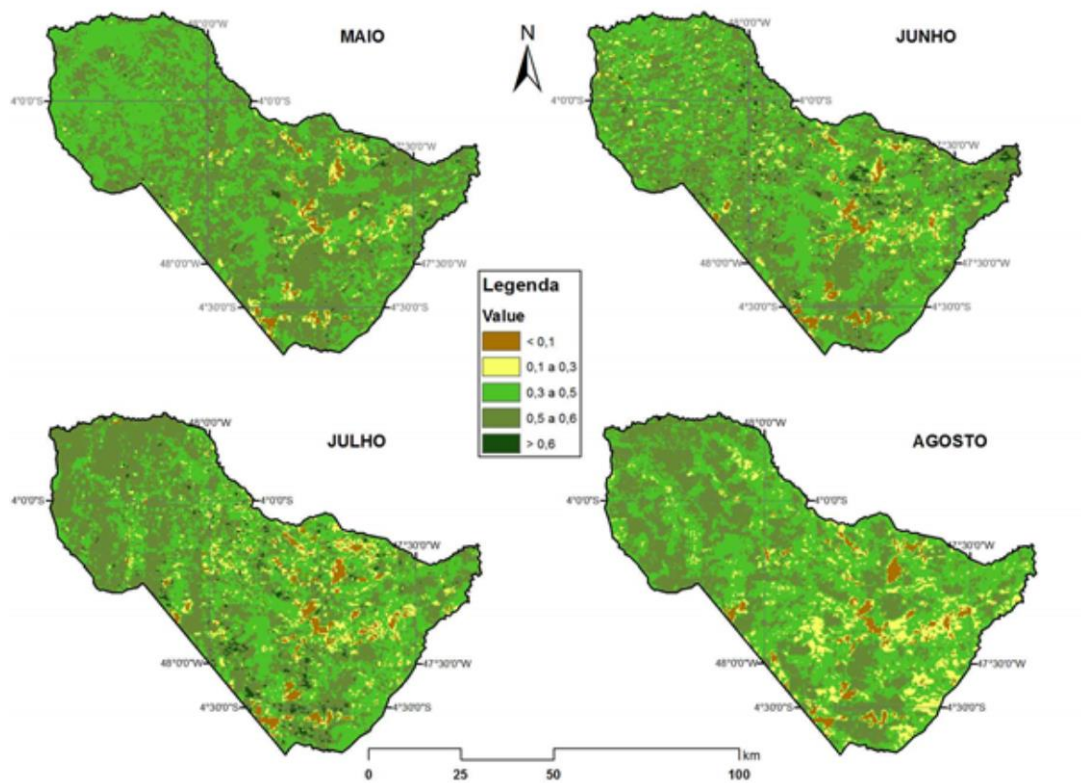
Fonte: Elaborado pelo autor

Mesmo cientes da baixa resolução espacial do satélite MODIS, mas sua alta resolução temporal e extensas áreas de plantios florestais no município, associado ao mapeamento de campo dos diferentes alvos, nas áreas de interesse, os dados de NDVI apresentam potencial de uso integrado a outras variáveis biofísicas para subsidiar estratégias como: estimativa de biomassa, identificação de vigor da vegetação, antecipação de respostas em NDVI em relação à oferta hídrica no solo, por exemplo, com antecipação de dois meses. Alertas aos silvicultores podem ser emitidos pelos centros de prognósticos agrometeorológicos com base nos valores de déficits hídricos com antecedência de dois meses.

Esses resultados apontam também o potencial de uso de informações de satélites para, inclusive, auxiliar na valoração econômico-ambiental de áreas com NDVI superior a 0,5 na quantificação de serviços ecossistêmicos de provisão e regulação de indicadores térmico-hídricos em políticas públicas de baixa emissão de carbono na Amazônia. Vale destacar que quando a floresta nativa, plantios florestais e cultivos de grãos estão em alta capacidade fotossintética, observa-se uma dificuldade de separar esses padrões. Todavia, durante o período de reduzida oferta hídrica, valores em NDVI superiores a 0,5 passam a ser importantes em políticas de pagamentos por serviços ambientais (PSA), evidenciando o potencial desse indicador (NDVI) em programas de monitoramento ambiental na região.

De acordo com os resultados apresentados na figura 10, observa-se que houve decréscimo de valores normalizados, os quais passaram para classe 3, correspondentes a faixa entre 0,3 a 0,5, no período de maio a agosto. Após a colheita dos cultivos anuais, existe um período em que o solo fica exposto quando não se adota o sistema plantio direto. Nesse período, observa-se a redução do valor de NDVI nas áreas cultivadas, indicando respostas do solo na entressafra nas áreas destinada as culturas anuais para produção de grãos.

Figura 10- Dinâmica espectral da vegetação expressa em faixas de NDVI no período de maio a agosto de 2012, em Dom Eliseu.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse período o volume de chuva é reduzido no município, sendo maio com valores em torno a 150 mm e no trimestre de junho a agosto os valores são inferiores a 50 mm. Valores entre 0,3 a 0,4 em área com pastagem foram encontrados por Faith (2015), no Kenya, sendo nas áreas com floresta os valores superiores a 0,7 de NDVI. O período de colheita de grãos em junho, por exemplo, promove exposição dos solos reduzindo os valores de NDVI, reforçado pela redução das cotas pluviais já apresentadas na Figura 4. A partir agosto já com menor ocorrência de chuvas, há influência nas florestas nativas e plantadas como observado no município de Dom Eliseu por Monteiro et al. (2013).

Avaliando dados de NDVI da Floresta Amazônica, Xu et al. (2011) mapearam nos meses de julho a setembro áreas com baixos valores em NDVI, abrangendo toda a porção leste da região, sendo os valores mais expressivos nas áreas com floresta densa e remanescentes florestais na parte mais oeste da Amazônia, corroborando com os resultados obtidos em Dom Eliseu.

Nos meses de setembro a novembro, a vegetação natural também perde vigor vegetativo em função da ausência da chuva, entretanto, os valores em NDVI são superiores as áreas de cultura anual, indicando que as espécies arbóreas conseguem manter sua atividade fotossintética, em decorrência do sistema radicular para propiciar a extração de água das camadas mais profundas do perfil do solo (CARVALHO JR et al. 2009). Resultados obtidos por Zhao et al. (2015), apontam que no início do período seco as áreas com culturas anuais e pecuária apresentam baixo crescimento vegetativo, mas nas áreas com floresta as plantas continuam crescendo, por possuírem alta capacidade de exploração hídrica, nas camadas mais profundas do perfil do solo, ocorrendo no período menos chuvoso. A redução de fotoassimilados pela diminuição da área foliar, principalmente diferenciando padrões entre a vegetação nativa das áreas com remanescentes florestais.

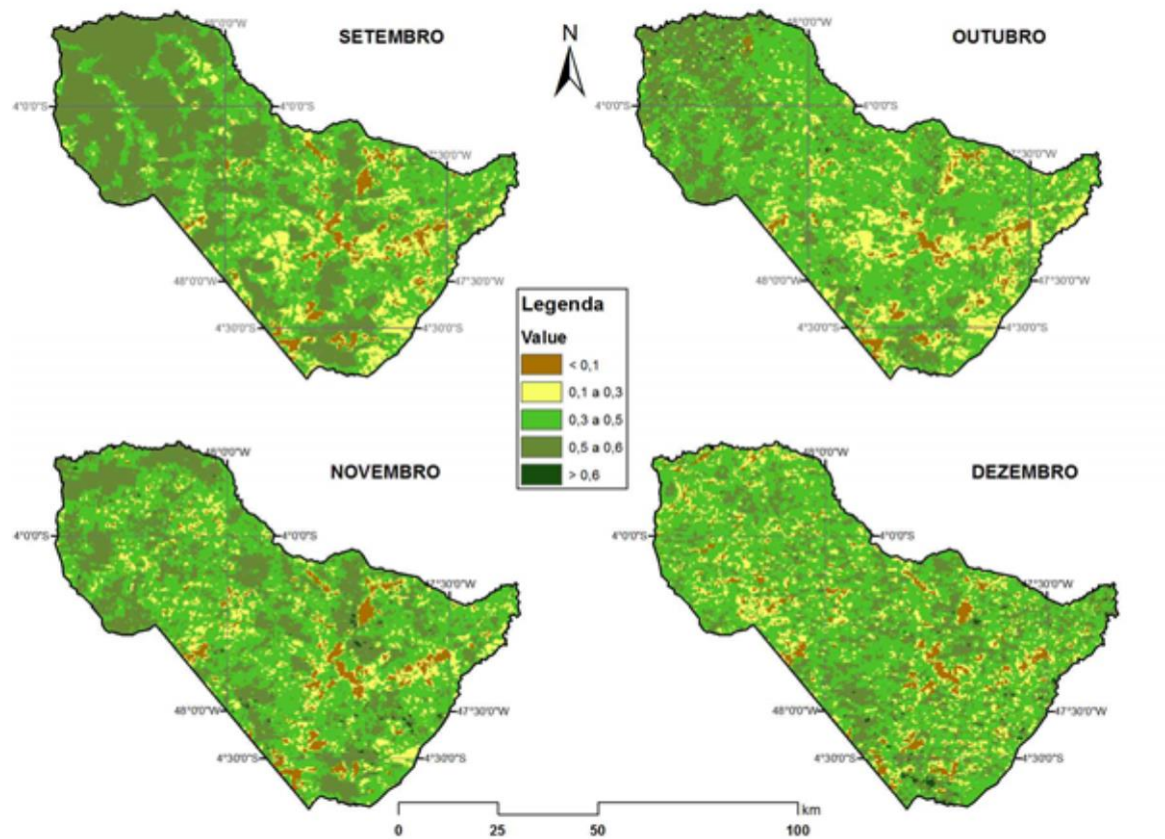
Na parte central e leste do município foram identificados os menores valores de NDVI, indicando baixa resposta espectral, sendo mais reduzido nas áreas destinadas aos cultivos anuais e plantios florestais, que predominam no município a silvicultura de paricá e eucalipto (*Eucalyptus grandis*). Os autores Western et al. (2015) apontam que existe redução no NDVI na época de redução de chuvas, pois à medida que o déficit hídrico se intensifica, a expressão de biomassa reduz, devido as plantas se encontrarem com baixa capacidade vegetativa.

Os dados evidenciaram que, no período de março a maio houve maior oferta de água no solo às plantas. No município, verificou-se que em abril houve maior expressão em NDVI na classe 4, prevalecendo em cerca de 66% de Dom Eliseu com valores entre 0,5 e 0,6, os quais

apresentam valores próximos aos obtidos no período chuvoso e seco, na Amazônia. De acordo com Hilker et al. (2014) a refletância da vegetação está fortemente associada à condição hídrica no solo.

No trabalho, verificou-se que na transição do período chuvoso para o seco, a classe 4 passou de 39% no período anterior para 26%, no mês de maio. Setembro, por ser o mês com escassez de água no solo, os valores na classe 4 e 5 reforçam a capacidade que os plantios florestais e remanescentes possuem na expressão em torno de 40% do município, sendo os valores de NDVI superiores a 0,5 (Figura 11).

Figura 11- Dinâmica espectral da vegetação expressa em intervalos de classe no período de setembro a dezembro de 2012, em Dom Eliseu.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1 Valores de NDVI em 2015 comparados com os de 2012

Os valores mais expressivos de NDVI nas localidades com plantios de paricá e áreas destinadas aos cultivos agrícolas anuais foram obtidos nas fazendas Saturno, Rio Concrem, Esperança e Ebenezzer, os quais ocorram no mês de março de 2015 (Tabela 2). Vale destacar que a banda 4 (NIR) fornece informações no infravermelho próximo os quais expressam efeitos decorrentes do conteúdo hídrico nas plantas, expressando maior refletividade nas áreas com presença de folhas na vegetação. Já no período de menor oferta pluvial no trimestre entre setembro e novembro, observou-se que em novembro de 2015, mês que foram realizados os levantamentos de campo no município, verificou-se que os efeitos do forte El Niño tinham sido severos na vegetação. Os valores indicavam que havia reduzida a capacidade de reflexão na banda 4 (NIR), reforçando reduções na biomassa foliar. O longo período com escassez de água no solo, pela falta de chuva na região reforça a redução nos valores de NDVI ao comparar com os obtidos em novembro de 2012 (Tabela 2).

Comparativamente é possível observar que no mês de março de 2012 os valores de NDVI foram mais elevados na Fazenda Ebnezar com 0,65 de NDVI, indicando que no período de maior oferta pluvial a vegetação expressou valores variando entre 0,38 a 0,65 no município. No ano de 2015 na Fazenda Saturno, os valores encontrados nas áreas com plantios de Eucalipto (*Eucalyptus spp*) referem-se ao maior desenvolvimento nas áreas com plantios florestais. Na Fazenda Concrem (E) no ano de 2012 já haviam plantios de Eucalipto, estando mais velhos em 2015 refletindo nos valores de NDVI (Figura 12).

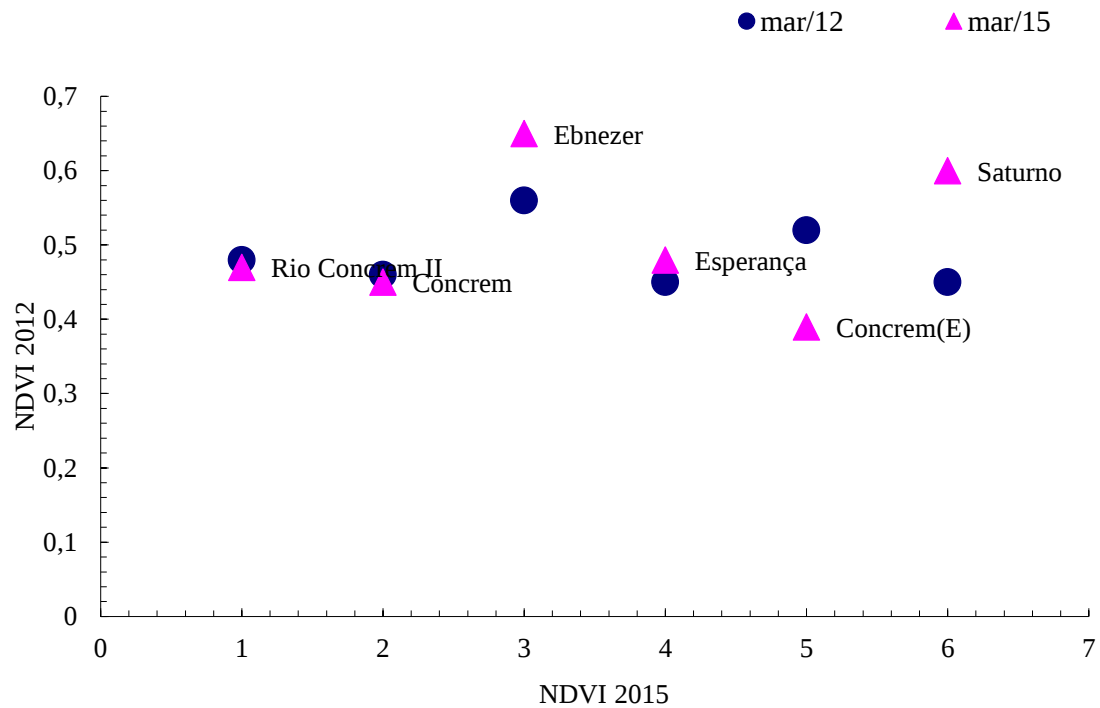
No mês de novembro os valores de NDVI mais expressivos em 2012, estavam relacionados nas áreas com plantações de paricá e no ano de 2015 foram substituídas por Eucalipto. Portanto, além da mudança de espécie, houve ainda nesse período os efeitos do forte El Niño de 2015, que reduziu a oferta pluvial na região, ocasionando perdas de folhas por conta do baixo volume de água no solo (Figura 13), os valores de NDVI nas áreas com plantios florestais ficaram abaixo de 0,49. Nas Fazendas Concrem (E) e Saturno foram as que apresentaram as maiores diferenças ao comparar os valores em novembro de 2012 e novembro de 2015.

Na Figura 14 nota-se que os valores de NDVI observados em 2012 no mês de março e novembro tornam bem evidente as diferenças nas áreas com cultivadas, tanto com cultivos anuais quanto com relação aos plantios florestais no município de Dom Eliseu.

Tabela 2- Valores de NDVI nos meses de março e novembro de 2012 e 2015.

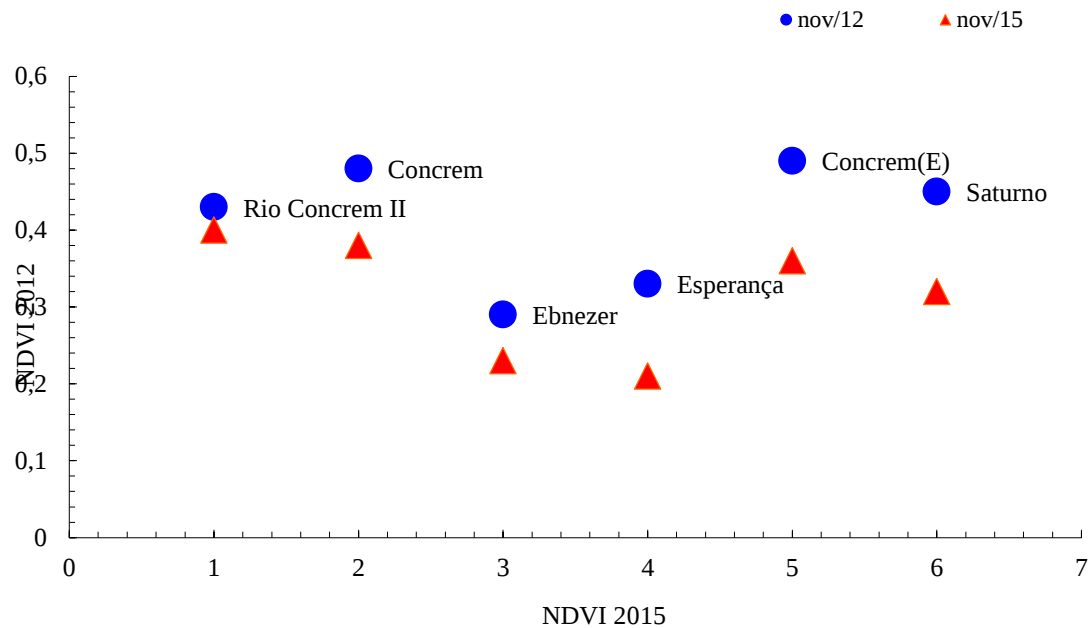
Propriedades	NDVI			
	mar/12	mar/15	nov/12	nov/15
Rio Concrem II	0,48	0,47	0,43	0,4
Concrem	0,46	0,45	0,48	0,38
Ebnezer	0,56	0,65	0,29	0,23
Esperança	0,45	0,48	0,33	0,21
Concrem(E)	0,52	0,39	0,49	0,36
Saturno	0,45	0,6	0,45	0,32

Fonte: Autor

Figura 12- Dispersão de NDVI nos meses de março de 2012 e 2015

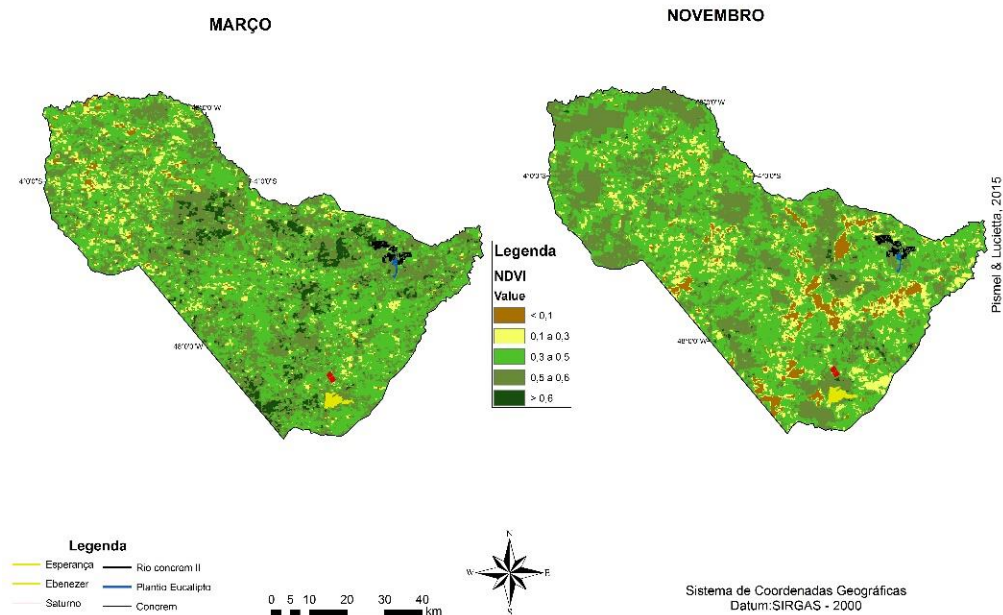
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13- Dispersão de NDVI no mês de novembro 2012 e 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14- Comparação entre os meses de março e novembro de 2012



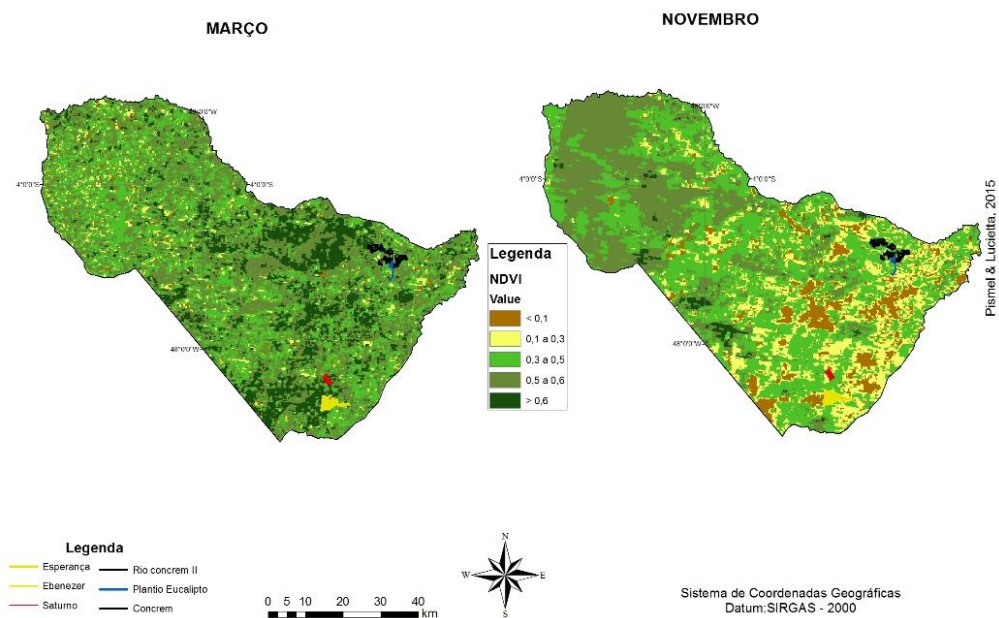
Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Rodrigues et al. (2009) e Poelking et al. (2007), uma das considerações importantes para análise de índices de vegetação é observar se a cobertura vegetal se encontra sob estresse hídrico, logo, tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua refletância

no espectro visível e a absorver mais no infravermelho próximo. Assim, as diferenças entre as refletâncias nesses comprimentos de onda tendem a decrescer quanto maior o nível de estresse hídrico da cobertura vegetal.

As áreas desflorestadas no ano de 2015 correspondem a 2151,28 ha. Um aumento de 5% em relação ao ano anterior e uma redução de cerca de 38% em relação ao ano de 2012. A área correspondente a valores de índice de refletância menores que 0,1 são mais expressivas por conta do período seco e da pouca cobertura vegetal acima do solo, pois nesse período ainda não há plantios agrícolas que são característicos dessas áreas (Figura 15).

Figura 15- Comparação entre os meses de março e novembro de 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A substituição do Paricá por Eucalipto pode estar relacionada a tecnologia, material genético, grande número de espécies deste gênero, alta plasticidade ecológica e a sua excelente produção tornaram-no matéria prima de inúmeras indústrias florestais, o que permitiu um rápido avanço no conhecimento silvicultural e tecnológico (BAENA, 2005).

Ressalta-se que o paricá é uma espécie que continua sendo altamente utilizada pelo rápido crescimento, boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, uso generalizado de sua madeira, bem como por ser uma alternativa regional, para suprir a demanda de matéria-prima florestal como também para recomposição de áreas alterada, conforme estudo de Cordeiro et al. (2015).

Os dados de campo reforçaram que nas propriedades rurais com maiores variações em NDVI foram na Fazenda Ebnezer e na Fazenda Esperança, indicando respostas decorrentes dessas áreas serem destinadas aos plantios agrícolas anuais. Onde há a presença de valores mais altos de NDVI, observa-se que podem estar associados aos plantios florestais, indicando que as espécies conseguem extrair a água disponível nas camadas mais profundas do solo. Em novembro os baixos valores de NDVI podem ser atribuídas à ocorrência de períodos com déficits hídricos prolongados e também a colheita das espécies florestais como o paricá que estava no solo em 2012.

Nas áreas das propriedades Concrem I e II e Saturno há presença de plantios florestais sendo os valores de NDVI praticamente coincidentes com os de 2012. Nota-se que existiam plantios de paricá e uma área de 284,4943 ha com Eucalipto, enquanto que em 2015 os plantios foram todos transformados para Eucalipto. Como também evidenciado também por Ferreira e Huete (2004), analisando o NDVI nas áreas de 2015 que já possuem plantios de eucalipto, a diferença sazonal é indicativa da alta atividade fotossintética e acumulação de biomassa em meses chuvosos e de déficit hídrico, com baixa biomassa verde no período de estiagem, o que não ocorre significativamente nas áreas no ano de 2012.

Os resultados apresentados neste trabalho visam subsidiar na identificação de indicadores de diferentes padrões na vegetação, auxiliando nas análises da cobertura vegetal em áreas antrópicas e remanescentes de floresta nativa no município de Dom Eliseu. O uso dessa metodologia apresenta potencial de utilização no monitoramento de políticas públicas como a adoção de agricultura de baixa emissão de carbono na Amazônia Brasileira.

6 CONCLUSÃO

- Abril é o maior mês de maior expressão em NDVI (60%) no município;
- No mês de outubro predominam os valores de NDVI foram mais baixos, reforçando efeitos em queda de folhas associados com a redução de oferta hídrica às plantas.
- As análises de NDVI associadas aos dados de deficiência hídrica no solo potencializa o uso desse índice em modelos preditivos, principalmente quanto ao planejamento dos cultivos, monitoramento de dosseis, seleção de indicadores de serviços ecossistêmicos.
- O uso de informações de NDVI auxiliam no planejamento de silvicultores e empreendedores agrícolas, sendo também importante indicador no monitoramento de áreas com elevada ou reduzida biomassa vegetal na região;
- A aplicação da metodologia utilizada neste trabalho de conclusão de curso (TCC) apresenta inclusive potencial para ser utilizados nas avaliações de possíveis serviços ambientais prestados por produtores que adotam sistemas agroflorestais com baixa emissão de carbono e provisão de água, em regiões com períodos longos de déficits hídricos em municípios como Dom Eliseu.
- O uso de NDVI auxilia na identificação da extensão e severidade em áreas com deficiência ou alta oferta hídrica, podendo efetivamente ser caracterizado quase em tempo real, auxiliando nas estratégias de decisão em cultivos agrícolas e plantios florestais como um indicador de respostas da vegetação quanto a resistência, adaptabilidade e plasticidade à condição hídrica no solo.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; RIZZI, R.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; FERREIRA, C. C. Amostragem probabilística estratificada por pontos para estimar a área cultivada com soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 585-592, 2010.
- ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; DELGADO, R. C.; RODY, Y. P.; OLIVEIRA, A. S.; LEITE, F.O. Índice de Área Foliar de Eucalyptus Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM - Landsat 5. **Floresta Ambient.**, Seropédica. v. 22, n. 3, p. 368-376, Set. 2015.
- ALMEIDA, R. G.; ALBUQUERQUE RANGEL, J. H.; RODRIGUES, A. C. C.; ALVES, F. V. Sistemas silvipastoris: produção animal com benefícios ambientais. In: EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS-ARTIGO EM ANAIS DE CONGRESSO (ALICE). In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., 2014, Ilhéus. **Produção animal: novas diretrizes**. Ilhéus: SNPA, 2014. p.19.
- ALMEIDA, T. S.; FONTANA, D. C.; MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H. Índices de vegetação para a cultura da soja em diferentes condições hídricas e de sistema de manejo do solo. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais**. São José dos Campos: INPE / SELPER, 2005. v.1. p.17 - 24.
- ANDERSON, L. O. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal de Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)- INPE, 2004.
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Edição do autor. Piracicaba: 2002. 272 p.
- ARSHNEY, R.; PAZHAMALA, L.; KASHIWAGI, J.; GAUR, P. M.; KRISHNAMURTHY, L.; HOISINGTON, D. Genomics and physiological approaches for root trait breeding to improve drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Root Genomics**. v. 10, p. 213-222, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013. 148p.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MEIRELLES, M. L.; MOREIRA. Estruturação de dados geoambientais no contexto de sub-bacia hidrográfica. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa - SPI, 2.ed, 1998. p. 119-158.
- ASSIS, F. R. V.; MENDONÇA, I. F. C.; SILVA, J. E. R.; LIMA, J. R. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais no semiárido nordestino. **Floresta** (UFPR. Impresso). v. 44, p. 133-142, 2014.
- AYOADE, J. O. O clima e a agricultura. In: **Introdução à climatologia para os trópicos**. 11^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

BAENA, E. S. **Rentabilidade econômica da cultura do eucalipto e sua contribuição ao agronegócio.** Conhecimento Interativo, São José dos Pinhais/PR, n.1, p.3-9, jul/dez. 2005.

BACKES, K. S. **Variações do Índice de Diferença Normalizada (NDVI) do Sensor MODIS associadas a variáveis climáticas para o estado do Rio Grande do Sul.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Rio Grande do Sul, 2010.

BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. V. L.; SILVA JUNIOR, I. W. Analysis of the NDVI Temporal Dynamics in Semi-arid Ecosystems: Brazilian Caatinga and African Western Sahel. **Revista Brasileira de Geografia Física.** v. 2, p. 300-306, 2011.

BARKER, J. L.; HARDEN, M. K.; ANUTA, E. A.; SMID, J. E.; HOUGHT, D. **MODIS spectral sensitivity study: requirements and characterization.** Washington: Nasa, Oct, 1992, 84p.

BARNES, W. L.; PAGANO, T. S.; SALOMONSON, V. Prelaunch characteristics of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on EOS AM-1. **IEEE. Trans. Geosci. Remote Sens.** v. 36, p.1088-1100, 1998.

BARRETO, H. B. F.; BATISTA, R. O.; FREIRE, F. G. C.; SANTOS, W. O.; COSTA, F. G. B. Análises de indicadores de retenção e armazenamento de água no solo do perímetro irrigado Gorutuba, Janaúba-MG. **Revista Verde,** v. 6, n. 5, p. 189-192, 2011. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/836>>. Acesso em: 25 maio 2015.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P. do; SILVA, E. M. da; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica.** v. 42, p. 100-107, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000100013>>. Acesso em: 21 fev. 2013. doi 10.1590/S1806-66902011000100013.

BRASIL. LEI Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Congresso Nacional,** Brasília, 19 jul. 2000.

BENEDETTI, A. C. P. **Modelagem dinâmica para simulação de mudanças na cobertura florestal das Serras do Sudeste e Campanha Meridional do Rio Grande do Sul.** 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BENINCASA, M. M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal.** Jaboticabal: Funep, 2004. 169p.

BERRA, E. F.; BRANDELERO, C.; PEREIRA, R. S.; SEBEM, E.; GOERGEN, L. C. G.; BENEDETTI, A. C. P.; LIPPERT, D. B. Estimativa do volume total de madeira em espécies de eucalipto a partir de imagens de satélite landsat. **Ciência Florestal,** Santa Maria. v. 22, n. 4, p. 853-864, 2012.

BOLFE, É. L. Levantamento e monitoramento dos recursos florestais dos tabuleiros costeiros do nordeste do Brasil. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2002 **Anais.**

BOLFE, É. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A. Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicados à análise de recursos florestais¹. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 34, n. 1, p. 105-111, jan/fev. 2004.

BOTELHO, S.A. Espaçamentos. In: SCOLFORO, J.R.S. (Ed.). **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE.p.381-405.1998

BRAGA, F. T.; PASQUAL, M.; CASTRO, E. M.; DIGNART, S. L.; BIAGIOTTI, G.; PORTO, J. M. P. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandiflorum* cv. Rage: características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 33, p. 502-508, 2009.

BRESSIANI, A. L. **Crescimento de mudas de paricá em diferentes saturações por bases e doses de fósforo**. 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

BRIENZA JR, S.; MANESCHY, R. Q.; MOURÃO JR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M. B. Sistemas Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 anos de pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo. v. 60, p. 67-76, 2009.

BRIENZA JR, S.; PEREIRA, J. F.; YARED, J. A. G.; MOURÃO JR, M.; GONÇALVES, D. A.; GALEÃO, R. R. Recuperação de áreas degradadas com base em sistemas de produção florestal energético-madeireiro: Indicadores de custos, produtividade e renda. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém. v. 4, n. 7, 2008.

BRUIJNZEEL, L. Hydrology of forest plantations in the tropics. In: NAMBIAR, E.; BROWN, A. **Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests**. Canberra: ACIAR, 1997. p. 169-212.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon, p. 194, 1989.

CARDOSO, P. Porque usar gel no plantio de uma floresta de eucalipto? Painele florestal, 2013. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/silvicultura/porque-usar-gel-no-plantio-de-uma-floresta-de-eucalipto>> Acesso em: 13 julho 2015.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; COUTO JÚNIOR, A. F.; SILVA, N. C.; MARTINS, E. S.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T. Avaliação dos Classificadores Espectrais de Mínima Distância Euclidiana e Spectral Correlation Mapper em Séries Temporais NDVI-MODIS no Campo de Instrução Militar de Formosa (GO). **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 61, p. 399-412, 2009.

CHIRINO, E.; VILAGROSA, A.; VALLEJO, V. R. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. **Plant Soil**, Dordrecht. v. 344, n. 1/2, p. 99-110, Jul. 2011.

COLLAÇO, M. M.; LAMPARELLI, L. A. C.; JÚNIOR, J. Z.; MERCANTE, E. Estimativa de área através de imagens do sensor MODIS/Terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 125-132. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível

em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.19.41/doc/125-132.pdf>>. Acesso em: Setembro 2015.

CORDEIRO, I.M.C.C, BARROS, P. L. C DE, LAMEIRA, O. A, & GAZEL FILHO, A.B. AVALIAÇÃO DE PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby DE DIFERENTES IDADES E SISTEMAS DE CULTIVO NO MUNICÍPIO DE AURORA DO PARÁ - PA (BRASIL). **Ciência. Florestal**. Santa Maria , v. 25, n. 3, p. 679-687, Sept. 2015.

COSTA, E. C.; BOSCARDIN, J.; COSTA, M. A. G. A silvicultura no Brasil, e os reflexos ambientais: uma visão holística. In: VII CONGRESSO DE MEDIO AMBIENTE, 2012, La Plata. **Anais...** La Plata: 2012. p. 1-16.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T.J.; BRASIL, E.C. Calagem em latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, maio / Jun.2012.

DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; NIED, A. H.; GRIMM, E. L.; PIVETTA, C. R. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 36, n. 3, p. 785-792, mai./jun. 2006.

DEMERS, M. N. **GIS modeling in raster**. New York: John Wiley, p. 203, 2002.

FAITH, M. K. Centered Log-Ratio (clr) Transformation and Robust Principal Component Analysis of Long-Term NDVI Data Reveal Vegetation Activity Linked to Climate Processes. **Climate** v. 3, p. 135-149, 2015.

FARIA, T. T. **Microplanejamento da colheita de uma floresta plantada utilizando tecnologias de geoprocessamento**. 2012. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R.. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 10, p. 1837-1860. 2004.

FITZPATRICK-LINS, K. Comparison of sampling procedures and Data analysis for a Landuse and Land-cover Map. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Reston, v. 47, n. 3, p. 343-351, Mar., 1981.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JÚNIOR; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. p. 257-266, 2003.

FONSECA, E. L.; FONTANA, D. C.; ROSA, L. M. G. Evolução temporal do NDVI e sua relação com variáveis biofísicas em *Paspalum notatum*. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, n. 3, p. 272-280, 2006.

FRANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FRANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.) **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: LPV; ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. p. 174-197.

GALEÃO, R. R.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T.; COSTA FILHO, P. P. Diagnóstico dos projetos de reposição florestal no Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém. n. 45, p. 101-120, jan /jun. 2006.

GALVÃO, L. S.; ROBERTS, D. A.; FORMAGGIO, A. R.; NUMATA, I.; BREUNIG, F. M. View angle effects on the discrimination of soybean varieties and on the relationships between vegetation indices and yield using off-nadir Hyperion data. **Remote Sensing of Environment**. v. 113, n. 4, p. 846-856, abr. 2009.

GONÇALVES, S. L.; GONZÁLEZ, F. E.; DIÉGUEZ, A. U. Assessing the attributes of high-density *Eucalyptus globulus* stands using airborne laser scanner data. **International Journal of Remote Sensing**. v. 32, n. 24, p. 9821-9841, 2011.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **The insects: an outline of entomology**. Oxford: Blackwell, 470p, 2005.

HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S. **Zoneamento climático de *Eucalyptus grandis* para a região Sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 23. p. (Serie Documentos, 209), 2010.

HILKER, T.; LYAPUSTIN, I. A.; TUCKER, J. C.; HALL, G. F.; MYNENI, B. R.; WANG, T.; BI, J.; MOURA, M. M. Y.; SELLERS, J. P. Vegetation dynamics and rainfall sensitivity of the Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2014.

HODGE, A.; BERTA, G.; DOUSSAN, C.; MERCHAN F.; CRESPI, M. Plant root growth, architecture and function. **Plant Soil**, Dordrecht. v. 321, n. 1/2, p. 153-187, 2009.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment** , Vol. 25, p. 295-309. 1988.

HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**. v. 83, n. 1-2, p. 195-213, Nov. 2002.

HUETE, A. R.; DIDAN, K.; SHIMABUKURO, Y.; RATANA, P.; SALESKA, S. R.; HUTYRA, L. R.; YANG, W.; NEMANI, R. R.; MYNENI, R. Amazon rainforests green up with sunlight in dry season. **Geophysical Research Letters**. v. 33, L06405, 2006.

IBGE. **Censo Demográfico 2015**. Disponível em: www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa. Acesso em: 25 agost .2015.

IBGE. **Mapa de geomorfologia do Estado do Pará**. Coordenação de recursos naturais e estudos ambientais, 2008. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geomorfologia/unidades_federacao/pa_geomorfologia.pdf. Acesso em: 28 mar.2013.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, Amsterdam. v. 89, n. 1, p. 107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam. v. 92, p. 185-202, 2005.

IOKI, K.; IMANISHI, J.; SASAKI, T.; MORIMOTO, Y.; KITADA, K. Estimating stand volume in broad-leaved forest using discrete-return LiDAR: plot-based approach. **Landscape and Ecological Engineering**. v. 6, n. 1, p. 29-36, 2010.

IWAKIRI, S.; ZELLER, F.; PINTO, J. A.; RAMIREZ, M. G. L.; SOUZA, M. M.; SEIXAS, R. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* “Paricá” e *Cecropia hololeuca* “Embaúba” para produção de painéis Aglomerados. **Revista Acta Amazônica**, Manaus. v. 40, n. 2, p. 303-308, 2010.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2nd. Ann Arbor: Prentice Hall, 1996. 316p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestre**. Tradução de José Carlos Epiphanyo (Coord). 2.ed. São José dos Campos: Parêntese Editora, p. 598, 2009.

JU, J.; ROY, D. P.; SHUAI, Y.; SCHAAF, C. Development of an approach for generation of temporally complete daily nadir MODIS reflectance time series. **Remote Sensing of Environment**. v. 114, n. 1, p. 1-20, 2010.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R. E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISETTE, J. T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**. v.83, n. 1-2, p. 3- 15, 2002.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; JANOWIAK, J.; MO, K. C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; KUNG, E; SALSTEIN, D. **The NCEP/NCAR CDAS/Reanalysis Project. NMC Office Note 401**. Available from NOAA/NCEP Development Division, Washington DC, 1993.

KAUFMAN, Y. J.; HERRING, D. D.; RANSON, K. J.; COLLATZ, G. J. Earth Observing System AM1 mission to Earth. **Geoscience and Remote Sensing**, IEEE Transactions on. v. 36, n. 4, p. 1045-1055, 1998.

KERR J. T.; OSTROVSKY, M. From space to species: Ecological applications for remote sensing. **Trends in Ecology and. Evololution**. v. 18, p. 299-305, 2003.

KLERING, E. V. **Avaliação do uso de imagens MODIS na modelagem agrometeorológica-espectral de rendimento do arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LACERDA, K. A. P.; SILVA, M. M. S.; CARNEIRO, M. A. C.; REIS, E. F.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado. **Cerne**. p. 377- 386, 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA. p. 321-337, 2004.

LATORRE, M. L.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; CARVALHO JR, O. A. D. Sensor modis: características gerais e aplicações. **Espaço e Geografia**. v. 6, n. 1, p. 97-126, 2003.

LI, Z.; FOX, J. M. Mapping rubber tree growth in mainland Southeast Asia using time-series MODIS 250 m NDVI and statistical data. **Applied Geography**, Terre Haute. v. 32, p. 420- 432, 2012.

LISBOA, L.S. **Cenários de mudanças climáticas com modelagem dinâmica na Bacia do Alto Taquari**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MACCAGNAN, D. H. B.; MARTINELLI, N. M. Descrição das ninfas de *Quesada gigas* (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae) associadas ao cafeeiro. **Neotropical Entomology**. v. 33, p. 439-446, 2004.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIERO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no Estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental, p. 5. (Comunicado Técnico, 158), 2006.

MARQUES, T. A.; RAMPAZO, E. M; MARQUES, P. A. A. Oxidative enzymes activity in sugarcane juice as a function of the planting system. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. ahead of print Epub Feb. 2013.

MARQUES, T.C.L.L.S.M.; CARVALHO, J.G.; LACERDA, M.P.C.; MOTA, P.E.F. Exigências nutricionais do Paricá (*Schizolobium amazonicum*,Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras. v. 10, n. 2, p. 167-183, jul./dez. 2004.

MARTORANO, L. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; MONTEIRO, D. C. A.; LISBOA, L. S.; CÂNCIO, O. N.; MARTORANO, P. G.; ESPIRITO SANTO, J. M. Condições topobioclimáticas associadas à ocorrência de Taxi-branco (*Sclerolobium panuculatum* Vogel) e Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) preferenciais para implantação de plantios florestais no Estado do Pará. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Terezina, 2010.**Anais...** Terezina, 2010. p. 4.

MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, D. C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; LISBOA, L. S.; ESPÍRITO SANTO, J. M.; ALMEIDA, R. F. Top-bioclimate conditions associated to natural occurrence of two Amazonian native tree species for sustainable reforestation in the State of Para, Brazil. In: VILLACAMPA, Y.; BREBBIA, C. A. **Ecosystems and sustainable development**, 8., Ashurst Lodge: Wittpress, 2011. p.111-122.

MAUSEL, P. W. ; KALALIKA, G.; EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E. Delineation of soil series subareas using multispectral video in relation to rural tax assessment. In: BIENNIAL WORKSHOP ON COLOR AERIAL PHOTOGRAPHY AND VIDEOGRAPHY FOR RESOURCE MONITORING, 14., 1993, Logan. **Anais...** Logan: ASPRS, 1993. p. 82-95.

MEER, F. D.; DE JONG, S. M. **Imaging spectrometry**: Basic principles and prospective application. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, 403p.

MELO, R. R. **Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis LVL confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. 2012. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2012.

MELO, R. R.; MENEZZI, C. H. S.; PAVAN, B. E.; RODOLFO JÚNIOR, F. Rotary peeling yield of *Schizolobium amazonicum* (Leguminosae - Caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, Manaus. v. 44, n. 3, p. 315-320, 2014.

MELO, R. R.; MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R.; STANGERLIN, D. M. Avaliação das Propriedades Físicas, Químicas, Mecânicas e de Superfície de Lâminas de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). **Floresta e Ambiente**. v. 20, n. 2, p. 238-249, 2013.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia** - Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Editora Oficina e Textos, 2007.

MENESES, C. H. S. G., LIMA L. H. G. M., LIMA M. M. A., VIDAL M. S. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande. v. 10, n. 1/2, p. 1039-1072, ago. 2006.

MILANESI, M. A.; GALVANI, E. Efeito Orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo. n. 9, p. 68-79, jul/dez. 2011.

MIURA, A. K. FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; LUIZ, A. J. B. SILVA, S. D. A. E. Potencial das áreas disponíveis ao cultivo de biomassa para produção de energia, nas Microrregiões Sulriograndenses de Cerro Largo, Santa Rosa e Santo Ângelo. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2011, Curitiba. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2011. v. 1. p. 1-8.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lista de municípios prioritários da Amazônia**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/controle-e-preven%C3%A7%C3%A3o-desmatamento/plano-de-a%C3%A7%C3%A3o-para-amaz%C3%B4nia-ppcdam/lista-demunic%C3%ADpios-priorit%C3%A1rios-da-amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 25 ago. 2015

MONTEIRO, D. C. A. Condições topoclimáticas preferenciais para plantios de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) e evidências de desempenho para otimizar a silvicultura em áreas desflorestadas na Amazônia. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

MONTEIRO, D. C. A.; VETTORAZZI, C. A.; MARTORANO, L. G.; DIAS, C. T. S.; BRIENZA JUNIOR, S.; LISBOA, L. S. S.; MONTEIRO, L. D. A.; MELLO, M. N.; BIASE,

A. G. Dinâmica espectro-temporal MODIS em plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) associada a diferentes condições hídricas do solo na Amazônia Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 18, 2013. Belém, **Anais...** Belém, 2013. p.1-5.

MONTEIRO, K. F. G.; KERN, D. C.; RUIVO, M. L. P.; RODRIGUES, T. E.; COMETTI, J. L. S. Uso de resíduos de madeira como alternativa de melhorar as condições ambientais em sistema de reflorestamento. **Acta Amaz.**, Manaus. v. 40, n. 3, p. 409-413, set. 2010.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3ª ed. Atual. Ampl. Viçosa: Editora UFV, 2005. 320p.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 422p.

MOTTA, M. D.; CORDEIRO, J. P. C.; VALERIANO, D. M. Using LEGAL: map algebra - as a tool to support estimation of amazonian deforestation. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO SÔBRE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL, 11., 2004, Santiago, Chile.

NELSON, T.; NIEMANN, O.; WULDER, M. A. Spatial statistical techniques for aggregating point objects extrated from high spatial resolution remotely sensed imagery. **Journal of Geographical Systems**. v. 4, p. 423-433, 2002.

NETO, S. N.; REIS, G. Produção e distribuição de Biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1 p. 15-23, 2003.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina. v.13, n.1, p.75-87, 2001.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4.ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OELKING, E. L.; LAUERMANN, A.; DALMOLIN, R. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4145-4150.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, p. 478, 2002.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B. Geoprocessamento e Urbanismo. In: GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. **Teoria, técnicas, espaços e atividades: temas da Geografia Contemporânea**. Rio Claro: Programa de pós-Graduação em Geografia, 2001. p. 97-138.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 2004. 191 p.

PINTO, D. G.; VICARI, M. B.; FONTANA, D. C.; DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R.; GOUVEA, J. A.; KOVALESKI, S.; FOCHESSATO, E.; SANTI, A. Dinâmica temporal do padrão espectral da canola ao longo do ciclo da cultura. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE CANOLA, 2014, Passo Fundo. Dinâmica temporal do padrão espectral da canola ao longo do ciclo da cultura, 2014. v. 1.

PONZONI, F. J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. **Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais**. Brasília - DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, 2001. p. 157-199.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2a Edição. Cubatão: Oficina de Textos, p.160, 2012.

PRODES. **Taxas de desmatamento da Amazônia Legal**. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. INPE. 2013. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Acesso em: 20 ago. 2015.

QUADROS, C. B.; NARVAES, I. S. Análise e conceituação dos padrões de degradação florestal em imagens Landsat8/sensor OLI e IRS2/sensor AWIFS, no estado do Pará, na Amazônia Legal Brasileira. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, 2015, São José dos Campos, SP. 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3K23HS8>>. Acesso em: 14 junho 2015.

RAFAELLI, D. R.; MOREIRA, M. A.; FARIA, R. T. Análise do potencial de dados modis para monitorar o impacto de geada em nível estadual em lavouras de café. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo. v. 53, n. 1, p. 5-15, jan./jun. 2006.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Barueri, SP: Manole, 1990.

RESENDE, F. C.; SOARES, T. B. O.; SANTOS, P. R.; PEREIRA, G. Análise de índices espectrais para estimativa de áreas de regeneração florestal no Parque Nacional Chapada das Mesas. **Territorium Terram**. v. 5, p. 95-104, 2015.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A. D.; OLIVEIRA FILHO, A. T. D.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**. v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

RODRIGUES, F. A.; LAIA, M. L.; ZINGARETTI, S. M. Analysis of gene expression profiles under water stress in tolerant and sensitive sugarcane plants. **Plant Science**, Irlanda, v. 176, p. 286-302, 2009.

RONQUIM, C. C. Uso de geotecnologias para avaliação da dinâmica espaço temporal do carbono em área de expansão de agroecossistemas sobre pastagens. In: 4º SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2012, Bonito MS. **Anais do 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 2012. p. 171-181.

ROSA, F. O. **Zoneamento edafoclimático e resposta de plantas jovens de mogno africano às condições do Cerrado**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2014.

RUIVO, M. L. P.; OLIVEIRA, M. L. S.; CORDEIRO, I. M. C. C.; MONTEIRO, K. P. M.; KERN, D. C.; AMARANTE, C. B. Evaluation of growth of Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber (Duck)) in different agroforestry systems in northeast of Pará, Brazil. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 19., 2010, Brisbane, Australia. **Anais...** Brisbane: WCSS, 2010. 1 DVD-ROM.

SALAMONI, A. T. **Apostila de aulas teóricas de Fisiologia Vegetal**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Avaliação do Paricá em um Latossolo amarelo no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no nordeste do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 6.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 3., 2014, Viçosa, MG. Agropecuária, agroecologia e sustentabilidade: **anais de resumos expandidos**. VI SIMBRAS. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 477-480.

SANTOS, A. A. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da Serra do Rola Moça**. 2010. 39 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SANTOS, E. M. **Crescimento e produção de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) sob diferentes espaçamentos**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2012.

SANTOS, G.O.; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. **Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis**, Noroeste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SCHEPERS, L.; HAEST, B.; VERAVERBEKE, S.; SPANHOVE, T.; BORRE, J. V.; GOOSSENS, R. Burned Area Detection and Burn Severity Assessment of a Heathland Fire in Belgium Using Airborne Imaging Spectroscopy (APEX). **Remote Sens.** v. 6, p. 1803-1826, 2014.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo. v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001. Número especial.

SILVA, J. J. N.; CARDOSO G. V.; SILVA JUNIOR, F. G.; STANGERLIN, D. M. Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* para a produção de celulose kraft. *Ciência da Madeira. Braz. J. Wood Sci.* v. 4, n. 1, p. 33-45, 2013.

SILVA, F. D. S.; RAMOS, R. M.; COSTA, R. L.; AZEVEDO, P. V. Sistema de Controle de Qualidade para Dados Diários de Variáveis Meteorológicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 7, p. 827-836, 2014.

SILVA, G. F.; MENDONÇA, A. R.; HOFFMANN, R. G.; ZANETI, L. Z.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C. Rendimento em laminação de madeira de Paricá na região de Paragominas, Pará. **Ciência Florestal**. v. 25, n. 2, 447-455, 2015.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; LABATE, C. A.; GUIDETTI-GONZALEZ, S.; BORGES, J. S.; FERREIRA, L. C.; DELIMA, R. O.; FRITSCHÉ-NETO, R. Melhoria para eficiência no uso da água. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Viçosa: UFV, 2011. p.127-149.

SILVEIRA, R. **Avaliação econômica da produção de madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) sob diferentes espaçamentos de plantio**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba. v. 38, n. 85, p. 107-114, mar. 2010.

SIVIERO, M. A.; MOTTA, A. M.; LIMA, D. S.; BIROLI, R. R.; HUH, S.Y.; SANTINONI, I. A.; MURATE, L. S.; CASTRO, C. M. A.; MIYAUCHI, M. Y. H.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M. A.; ANDRADE, G. Interaction among N-fixing bacteria and AM fungi in Amazonian legume tree (*Schizolobium amazonicum* in field conditions. **Applied Soil Ecology**, Stillwater, v.39, p.144-152, 2008.

SOARES, J. V.; BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E. Histórico e descrição. In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parêntese, p. 03-21. 2007.

SOARES, J. V.; BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E. Histórico e descrição. In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parêntese, p. 03-21. 2007.

SCHOTT, J. R. **Remote sensing: the image chain approach**. New York: Oxford University Press. 1997

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAVARES, L. S.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO, F. C. A.; MAAS, K. D. B.; Lodo do curtimento e sua influência na produção de mudas de Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e nas propriedades químicas do solo. **Ciência Florestal** (UFMS. Impresso). v. 23, p. 357-368, 2013.

TOMLIN, C. D. Map algebra: One perspective. **Landscape and Urban Planning**, Philadelphia, v. 30, p. 3-12, 1994.

TOURNE, D. C. M.; MARTORANO, L. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; DIAS, C. T. S.; LISBOA, L. S.; SARTORIO, S. D.; VETTORAZZI, C. A. Potential topoclimatic zones as support for forest plantation in the Amazon: Advances and challenges to growing Paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Environmental Development**. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2015.11.002>>. Acesso em: 26 janeiro 2015.

VAN LEEUWEN, W. J. D.; HUETE, A. R.; LAING, T. W. MODIS Vegetation Index Compositing Approach: A Prototype with AVHRR Data. **Remote Sensing of Environment**. v. 69, n. 3, p. 264-280, 1999.

VERSLUES P.E.; AGARWAL.M.; KATIYAR-AGARWAL.S; ZHU.J; ZHU.J.K.. Methods and concepts in quantifying resistance to drought,salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, Michigan, v. 45, p. 523-539, 2006.

VICENTE-SERRANO, S. M.; GOUVEIA, C.; CAMARERO, J. J.; BEGUERÍA, S.; TRIGO, R.; MORENO-LOPEZ, I. J.; MOLINE-AZORIN, C.; PASHO, E.; LACRUZ-LORENZO, J.; REVUELTO, J.; MORAN-TEJEDA, E.; LORENZO-SANCHES, A. Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 1, p. 52–57, 2013.

VIDAURRE, G. B; CARNEIRO, A. C. O. C.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, Viçosa. v. 36, n. 2, p. 365-371, mar./abr. 2012.

VERÍSSIMO, A.; ROLLA, A.; MAIOR, A.P.C.S.; MONTEIRO, A.; BRITO, B.; SOUZA JR, C.; AUGUSTO,C.C.; CARDOSO, D.; CONRADO, D.; ARAÚJO, E.; RICARDO, F.; RIBEIRO, J.; LIMA, L.M.de; RIBEIRO, M.B.; VEDOVETO, M.; MESQUITA, M.; BARRETO, P.G.; SALOMÃO, R.; FUTADA, S. de M. **Áreas protegidas na Amazônia brasileira: Avanços e desafios**. Belém: IMAZON; São Paulo: Instituto Socioambiental ,90p. 2011

WESTERN, D.; MOSE, V. N.; WORDEN, J.; MAITUMO, D. Predicting extreme droughts in Savannah Africa: A comparison of proxy and direct measures in detecting biomass fluctuations, trends and their causes. **Plos One**. v. 8, n. 10: e0136516, 2015. doi:10.1371/journal.pone.0136516 2015.

XOCONOSTLE-CAZARES B.; RAMIREZ-ORTEGA F.A.; FLORES-ELENES L.; RUIZ-MEDRANO R. Drought tolerance in crop plants.**American Journal of Plant Physiology**. v. 5, n. 5, p. 241-256, 2010.

XU, L.; SAMANTA, A.; COSTA, H. M.; GANGULY, S; NEMANI, R. R.; MYNENI, B. R. Widespread decline in greenness of Amazonian vegetation due to the 2010 drought, **Geophysical Research Letters**. p. 4, 2011.

YAMADA, E. S. M. **Zoneamento agroclimático da *Jatropha curcas* L. como subsídio ao desenvolvimento da cultura no Brasil visando à produção de biodiesel**. 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, T. V.; MARTINELLI, N. M.; PINON, T. B. M.; GUIMARÃES, E. M. Occurrence of *Quesada gigas* on *Schizolobium amazonicum* trees in Maranhão and Pará states, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 39, p. 943-945, 2004.

ZHAO, X.; WEI, H.; LIANG, S.; ZHOU, T.; HE, B.; TANG, B.; WU, D. Responses of Natural Vegetation to Different Stages of Extreme Drought during 2009–2010 in Southwestern China. **Remote Sens.** v. 7, p. 14039-14054, 2015

ZOUNGRANA, B. J. B.; CONRAD, C.; AMEKUDZI, L. K.; THIEL, M.; DA, E. D. Land Use/Cover Response to Rainfall Variability: A Comparing Analysis between NDVI and EVI in the Southwest of Burkina Faso. **Climate.** n. 3, p. 63-77, 2015.