

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

NATTAN ÁDLER TAVARES DOS SANTOS

**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR A PARTIR DE FOTOGRAFIAS
HEMISFÉRICAS EM *Eucalyptus* spp. NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**RECIFE-PE
2018**

NATTAN ÁDLER TAVARES DOS SANTOS

**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR A PARTIR DE FOTOGRAFIAS
HEMISFÉRICAS EM *Eucalyptus* spp. NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Florestal da
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
como parte das exigências para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador (a): Rute Berger

**RECIFE-PE
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237i Santos, Nattan Ádler Tavares dos.
Índice de área foliar a partir de fotografias hemisféricas em
eucalyptus spp. no semiárido brasileiro / Nattan Ádler Tavares dos
Santos. – Recife, 2018.
32 f. : il.

Orientador(a): Rute Berger.
Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Ciência Florestal, Recife, 2018.
Inclui referências.

1. Eucalipto - Cultivo 2. Clonagem 3. Produtividade florestal 4.
Análise foliar I. Berger, Rute, orient. II. Título

CDD 634.9

NATTAN ÁDLER TAVARES DOS SANTOS

**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR A PARTIR DE FOTOGRAFIAS
HEMISFÉRICAS EM *Eucalyptus* spp. NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Aprovado em 13 de agosto de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Rute Berger
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^o Dr^o Rodrigo Hakamada
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ms^a Marília Isabelle Oliveira da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**RECIFE-PE
2018**

Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir! Não tenha medo dos tropeços da jornada. Não se esqueça de que você, ainda que incompleto, foi o maior aventureiro da História.

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Já dizia Chico Xavier “Ninguém cruza nosso caminho por acaso e nós não entramos na vida de alguém sem nenhuma razão”. Agora percebo o quanto é essencial está cercado de pessoas que amamos, para que tudo se concretize.

Um quebra-cabeça é composto por diversas peças, para finalizá-lo é necessário que todas as peças estejam no seu encaixe perfeito, é com essa ideia que vejo a composição de um sonho. Sou apenas a peça principal que necessita das outras peças de encaixe, que considero como “Família e Amigos”.

Nesse momento estou finalizando um sonho, o final de um ciclo, e primeiramente agradeço a Deus por iluminar os meus caminhos e me proteger de todo o mal.

A minha mãe Socorro Tavares, por ser meu exemplo de vida, meu porto seguro, mesmo estando distante, e por lutar para que seus filhos realizem os seus sonhos.

Aos meus irmãos Nêwton Abnner e Nikacio Adnner por compartilharem comigo grandes momentos e por todo apoio.

A minha família, especialmente a meu avô Expedito Tavares, minha avó Ivone Pires, minha tia Delânia, minha tia Daniely, meu Tio Darllan, os meus primos João Victor, Manoel, Tomás e Elisa que sempre esteve ao meu lado me dando, amor e fazendo dos meus dias mais alegres.

A minha orientadora Rute Berger por sempre acreditar em mim, pela paciência, orientação, e ensinamentos concedidos.

Ao meu orientador do PIBIC Rinaldo Luiz Caraciolo por todos os anos de orientação, pela paciência e ensinamentos concedidos, e por permitir que lab. de manejo se torna-se minha segunda familiar.

Ao meu orientador do estagio supervisionado obrigatório - ESO José Antônio Aleixo pela orientação, paciência e ensinamentos concedidos e por me permitir realizar a coleta dos dados do meu TCC na sua área de pesquisa, além de proporcionar uma oportunidade de grande experiência de vida e de curso, a qual está marcada na minha memória e que levarei para vida o que aprendi.

Ao professor Rafael por todo apoio e compreensão nessa reta final. A todos os outros professores do DCFL com os quais tive oportunidade de aprender e crescer como estudante, e a minha banca Professor Rodrigo e Marília por terem aceitado o convite, pelas críticas construtivas e por terem dedicado um tempo para as correções.

Ao meu grande amigo Jorge Ibrayn que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, incentivando, acreditando em mim, dando força e não me deixando desistir, muito obrigado pelos anos de companheirismos e por permitir a viver lindos momentos com você.

A Minha tia de coração Socorro Nenosa (Petra), e minha prima, irmã e confidente Evelyn Lopes, por me aguentar, amar, apoiar e por sempre me ouvir.

A minha segunda família laboratório de manejo, o qual saíram minhas irmãs de coração Cybelle Souto (Cymba) e Cinthia Oliveira (Mana) e meu maninho Anderson (Mago), obrigado por todo apoio, amor e carinho.

A minha melhor dupla, minha versão feminina Sandra Tereza, por todo amor, paciência para me aturar por tanto tempo, por ser essa pessoa essencial na minha vida, e por estar comigo nos melhores e piores momentos.

Aos meus amigos do Piauí Naianne, Jefferson e Cassio que deram o ponta pé inicial junto comigo.

A Divani, Nahila , Anderson, Milena e Marcia por todo apoio, companheirismo, carinho e amor.

Ao meu melhor lado “lado B”, Lilian, Jean, Cassiano, Victor, Pedro, Alfran, Bianka.

A Emmanoella e Thiago pelos ensinamentos, paciência e carinho.

Aos meus amigos que me alegram sempre Iran, Filipe, Aline Veloso, Aline Amorim, Leonardo, Lucas Moura, Lucas Lima, Anderson Almeida, Jorge, Barbara, Sarah, Juciana, Josias, Marilia, Jacayara, Mayara, Denise e Amanda.

A Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e ao Agrônomo José Tavares por todo apoio e por nos acolher e durante todo o período.

Ao CNPq pelos anos de incentivo as minhas pesquisas.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco por me proporcionar uma estrutura de qualidade para melhor aprendizado durante esses cinco anos de Graduação.

RESUMO

Alguns clones do gênero *Eucalyptus* spp. vêm sendo estudados a um bom tempo como alternativa viável para substituição da vegetação nativa na produção de bioenergia, portanto é importante a realização de estudos sobre o comportamento desses clones perante as condições a que estão submetidos. Este trabalho teve como finalidade o uso de fotografias hemisféricas para estimar índices de área foliar de clones de *Eucalyptus* spp. O plantio experimental encontrava-se na Estação Experimental do Araripe, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada no município de Araripina- PE. As fotografias hemisféricas foram retiradas no mês de março de 2018, em apenas uma densidade populacional, no espaçamento de 3 m x 3 m, composta por 12 parcelas, com plantio dos clones (C 41-*Eucalyptus urophylla*; C11-*Eucalyptus brassiana*; C39-*Eucalyptus urophylla*) inteiramente casualizado. Foram obtidas fotografias através do uso de um celular Galaxy J7 prime com câmera de 13 Mbps, gerando imagens de 4128 x 3096 / 12.8 Megapixels com uma lente de 180° acoplada em um tripé com distância de aproximadamente 1,20 m do chão, calibragem com nível bolha, em cinco pontos georreferenciadas dentro de cada parcela, sendo, quatro pontos na diagonal e ao centro. Para o processamento das imagens utilizou-se do software GAP Ligth Analyzer. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio de ferramentas do software Sisvar 5.6. Os índices de área foliar encontrados nas fotografias hemisféricas variaram de 0.78 a 1,56m²/m², sendo a maior média e os maiores valores de IAF encontrados na quinta parcela, na qual se encontram os clones C39 e a menor média foi identificada na nona parcela com os clones C41. Os tratamentos não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si.

Palavras-Chaves: Eucalipto-Cultivo, Clonagem ,Produtividade Florestal, Análise Foliar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área experimental de <i>Eucalyptus</i> spp. com a representação das cinco densidades (2x1;2x2;3x2;2x2;4x2) que estão localizadas na Estação Experimental do IPA, Araripina – PE.....	19
Figura 2 - Disposição das parcelas e dos clones em cada uma, representação dos pontos no local que foram coletadas fotografias hemisféricas e os pontos georreferenciadas no experimento do Polo gesseiro do Araripe.....	21
Figura 3 - Demonstração da obtenção das fotografias hemisféricas com o uso do celular, tripé, lente olho de peixe com angulação de 180 ° e nível bolha nos cinco pontos em cada parcela no experimento do Polo gesseiro do Araripe.	22
Figura 4 - Imagem em processamento no software GAP Light Analyzer 2.0 tirada no experimento do Polo gesseiro do Araripe.....	23
Figura 5 - Fotografias hemisféricas dos tratamentos: a- Imagem com menor valor e d- maior valor de IAF obtido pelo Clone 1 (C41- <i>Eucalyptus urophylla</i>) ; b- Imagem com menor valor e e- maior valor de IAF obtido pelo Clone 2 (C11- <i>Eucalyptus brassiana</i>); c- Imagem com menor valor e f- maior valor obtido de IAF pelo Clone 3 (C 39 - <i>Eucalyptus urophylla</i>); no experimento do Polo gesseiro do Araripe.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos avaliados no experimento realizado no Polo Gesseiro do Araripe.	19
Tabela 2 - Dados gerados a partir das análises das fotografias hemisféricas com auxílio do GAP light analyses retiradas no experimento do Polo gesseiro do Araripe. A.D. - Abertura de Dossel %, IAF 4- Índice de Área Foliar (0-60°) m ² /m ⁻²	25
Tabela 3 - Tabela de análise de variância (ANOVA) a 0.05%, para as médias dos índices de área foliar por tratamento em experimento no Polo Gesseiro do Araripe.	26
Tabela 4 - Tabela de análise de variância (ANOVA) a 0.05%, para as médias da abertura do dossel por tratamento em experimento no Polo Gesseiro do Araripe.	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 <i>Eucalyptus spp.</i> como alternativa no cenário do sertão pernambucano.....	14
3.2 Índice de Área Foliar	15
3.3 O uso de fotografias hemisféricas para obtenção do Índice de Área Foliar	17
4. METODOLOGIA	18
4.1 Área de estudo.....	18
4.2 Delineamento experimental	19
4.3 Coleta dos IAF por fotos hemisféricas.....	20
4.3 Análises estatísticas	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÃO	28
7. REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

A área foliar de uma planta depende da quantidade de folhas nela presente, do tamanho destas e do tempo em que elas permanecem na planta. A mesma é definida nas avaliações de crescimento como área total de terreno disponível pelas plantas, portanto a AF por unidade de área de terreno é o que determina o índice de área foliar (MONTEIRO et. al., 2005).

O Índice de área foliar (IAF) é considerado como uma das principais opções para a estimativa da produtividade agrícola e florestal, principalmente em grandes áreas, e como um dos parâmetros fisiológicos mais medidos em florestas plantadas de monocultura por ser diretamente relacionado com a transpiração, a produtividade e a interceptação da precipitação pluvial, além de expressar o total de área foliar por área de superfície do terreno (STAPE et al., 2004; LANDSBERG; SANDS, 2011; ALMEIDA et al., 2015).

O índice pode variar de acordo com os fatores e os métodos de avaliação, o que faz com que ele dependa da composição das espécies, do estado de desenvolvimento, sazonalidade e, principalmente, das condições locais e das práticas de manejo, além de ser influenciado por mudanças climáticas como geadas, tempestades e seca. (BRENDA, 2003; QUEIRÓS, 2013).

Sua determinação pode ser feita de forma direta destrutiva, a qual se baseia na remoção do material vegetal, que não é recomendada para áreas grandes por demandar muito tempo e ter elevado custo, e de forma indireta não destrutiva, que ocorre com o uso de equipamentos que não necessitam da remoção do material vegetal, o que facilita e agiliza a obtenção dos dados para as empresas de grande porte (CHAVES et al., 2007; GOWER et al., 1999).

Um dos métodos indiretos bastante utilizados para estimar o índice de área foliar, são as fotografias hemisféricas obtidas pelo o uso de uma câmera com uma lente de 180° (lente olho de peixe), a partir de certa distância do solo. Tal método baseia-se em análise da fração de espaços vazios presente no dossel, mais conhecido por *gap fraction analysis methods*, em outras palavras é a probabilidade da luz

atravessar a copa sem que nenhum elemento da copa interrompa a passagem (CHASON et al., 1991).

Com a necessidade do uso de espécies arbóreas para a substituição da vegetação nativa no setor de bioenergia para o polo gesseiro do Araripe-PE, alguns clones do gênero *Eucalyptus* spp. vem sendo testados como alternativa, portanto, há a indispensabilidade de estudar o comportamento desses clones perante as condições que estão submetidos, e neste sentido o presente trabalho teve como finalidade utilizar-se do método de fotografias hemisféricas para estimar índices de área foliar no experimento do Polo Gesseiro do Araripe - PE, com 3 clones de *Eucalyptus* spp. os quais com 7 anos de idade presentes em uma densidade de espaçamento 3x3 metros, afim de acrescer acervo teórico que auxilie e viabilize tal substituição vegetativa de forma mais otimizada através do uso de técnicas como a em evidencia no presente estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os índices de área foliar de plantios clonais de *Eucalyptus* spp. por meio de fotografias hemisféricas no semiárido de Pernambuco.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as fotografias hemisféricas para obtenção do índice de área foliar - IAF por tratamento.
- Avaliar o comportamento entre os clones de *Eucalyptus* spp.
- Analisar a relação da abertura do dossel sobre o índice área foliar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Eucalyptus* spp. como alternativa no cenário do sertão pernambucano

A vegetação da caatinga tem sido bastante explorada nos últimos anos. A maior parte das suas áreas desmatadas é destinada ao uso agrícola, pecuária extensiva e para extração de lenha com o intuito de suprir a demanda energética da região semiárida (GARIGLIO et al., 2010). Com isso a exploração lenhosa tem sua maior parte realizada de forma ilegal e sem controle, causando uma redução da diversidade vegetal e animal (LIMA, 2016).

Com o intuito de preservar e acrescer outra finalidade á vegetação nativa, algumas alternativas estão sendo estudadas como meio de substituição. As espécies presentes na área dispõem de uma facilidade em brotação, mas demandam de um intervalo de tempo maior para regenerar. Uma alternativa encontrada para a substituição da vegetação nativa está sendo a introdução de plantios de clones do gênero *Eucalyptus* spp, que é responsável por 70% do carvão vegetal consumido em todo o País, com produção anual de 18,8 milhões de m³ (VALE et al., 2014).

A clonagem do gênero *Eucalyptus* iniciou-se no Brasil no final de 1970, o que trouxe vantagens como a manutenção das características genéticas desejáveis da espécie mãe e a multiplicação de genótipos resistentes a doenças, o que proporcionou diversos avanços em programas de melhoramento genético (BORÉM, 2007).

O *Eucalyptus* spp. quando comparado com outras culturas como cana-de-açúcar, que faz 10,6 toneladas de bagaço por hectare em um ano, apresenta uma mesma eficiência ou até superior na produção de biocombustíveis, além do que permite o uso não só da madeira, mas também uso dos seus resíduos, portanto quando levado em consideração que a ideia principal das florestas energéticas é a maior produção biomassa por unidade de área, em um menor espaço de tempo, o mesmo se destaca (FONTENELE, 2016).

Devido à clonagem intensa sobre o gênero, buscando características que suprissem as necessidades do mercado, o *Eucalyptus* possui cerca de 740 espécies com propriedades e usos diferenciados, trazendo assim a versatilidade de apresentar uma gama de utilidades, dentre as quais: biocombustíveis, painéis de madeira, compensados, madeira para móveis, construção civil e até óleos essenciais.

Outros fatores que influenciam para que haja essa vasta diversidade de usos é o seu rápido crescimento, sua facilidade em adaptação a distintas condições ambientais e a qualidade da madeira, além de possuir uma ampla distribuição geográfica (ANDRADE, 1991; VALE et al, 2014; SEGURA, 2015). Decorrente de tais características o *Eucalyptus* spp. é uma cultura considerada altamente produtiva e de boa rentabilidade, e um dos maiores colaboradores para o processo de inversão do país no mercado de celulose e derivados, deixando de ser importador para se tornar exportador (VALE et al., 2014).

O Brasil é considerado referência por ter a maior produtividade relacionada à floresta plantadas do mundo (IBÁ, 2016), o que está atrelado às diversas variáveis edafoclimáticas ajustadas para o desenvolvimento da espécie e técnicas de melhoramento genético (VALE et al., 2014; MOREIRA; SIMIONI; OLIVEIRA, 2017).

No sertão de Pernambuco a maior concentração da produção do gênero *Eucalyptus* está localizada no polo gesseiro da Chapada do Araripe, que vem tendo por finalidade substituir a vegetação nativa no uso como biocombustível. De acordo com Abreu (2017) alguns estudos estão sendo conduzidos visando à obtenção de clones do gênero que suportem longos períodos de estiagens e necessitem de uma quantidade reduzida de água para o seu desenvolvimento, consequentemente tais clones impulsionariam o plantio na região. Alguns clones estão sendo testados e estão apresentando resultados satisfatórios como uma alternativa viável como fonte energética, além de minimizar a exploração da vegetação nativa (GADELHA et al., 2015).

3.2 Índice de Área Foliar

Uma das estruturas mais “sensíveis” da floresta são as folhas do dossel, que possuem papel fundamental na regulação de processos ecofisiológicos, o que abrange a fotossíntese e a transpiração, atividades dos organismos vegetais de total importância na produção florestal (LARCHER, 2004; BAMBI, 2007; GALVANI, 2010).

De acordo com a caracterização de Watson (1947) o índice de área foliar (IAF) é a área foliar integrada (AF) que consiste no dossel por uma superfície que é projetada pelo solo (m^2/m^2), considerado um parâmetro muito importante que indica a superfície foliar disponível para interceptação de luz .

O índice pode variar dependendo da composição das espécies, do estado de desenvolvimento, sazonalidade e, principalmente, das condições locais e práticas de manejo, além de ser influenciado também por mudanças climáticas como geadas, tempestades e seca, outro influenciador nessa variação pode ser o método utilizado para obtenção (BRENDA, 2003; QUEIRÓS, 2013).

O IAF pode ser estimado a partir de métodos diretos destrutivos e não destrutivos pelo uso de coletores ou por meio de métodos indiretos não destrutivos (MARSHALL, 1968). Os dois métodos têm suas vantagens e desvantagens, no entanto o método direto é considerado por diversos autores como o de maior precisão, principalmente em “modelos de estimativa” (JONCKHEERE et al., 2004; LIZASO et al., 2003). O IAF é essencial para a modelagem do crescimento e o desenvolvimento das plantas, o que, como consequência, está atrelado à produtividade total da cultura. Isso se dá pelo fato de que quanto maior for a área foliar, maior será a capacidade da planta em realizar a fotossíntese, entretanto, o mesmo pode ser utilizado nas estimativas da evapotranspiração e das “emissões biogênicas” (GONZALEZ-SANPEDRO et al., 2008; REIS et al., 2012). Com isso, há indicativos de uma relação bem próxima entre o índice e a produtividade florestal (BERGER, 2014).

Os métodos diretos nem sempre são utilizados por demandarem bastante tempo para sua execução, apresentarem maior custo, necessitarem de uma grande quantidade de vegetação e, conseqüentemente, serem inviáveis para grandes áreas (GRECCO et al., 2011; QUEIRÓS, 2013; ZANCHI et al., 2009). Esse método, o dito direto, é considerado como destrutivo por suas medições causarem alterações ou destruição à própria estrutura da copa, porém na determinação do IAF, evitam-se problemas causados por aglomeração da folhagem e distribuição ângulo (JONCKHEERE et al., 2004).

As medições das áreas, ângulos, forma ou posição é realizada de forma manual diretamente sobre o material vegetal que compõem a estrutura do dossel, o que posteriormente determina os parâmetros que caracterizam a estrutura do copado (QUEIRÓS, 2013).

Os indiretos possuem uma gama de técnicas viáveis e equipamentos direcionados para uma estimativa não destrutiva do índice de área foliar e radiação fotossinteticamente

ativa, podendo, portanto, se considerar desde a árvore isolada, plantios, medidas biométricas diretas de folhas ou a partir de medições indiretas com o uso de alguns modelos de regressão baseando-se em galhos, troncos ou da produtividade em geral (GUIMARÃES et al., 2013). As vantagens de se trabalhar com métodos indiretos estão bem explícitas se comparadas aos métodos diretos que só são utilizados se não houver uma alternativa indireta, principalmente por serem de fácil execução, custo baixo e por demandar menos tempo (WANG et al., 2005; QUEIRÓS, 2013).

O uso de métodos indiretos para obtenção do índice de área foliar (IAF) é uma das alternativas mais utilizadas pelas “grandes empresas florestais” devido a sua praticidade, curto tempo de execução e baixo custo. Por meio do avanço tecnológico novas ferramentas estão sendo testadas com fins de reduzir ainda mais tais custos, que estão atrelados principalmente ao alto valor dos equipamentos empregados neste método.

3.3 O uso de fotografias hemisféricas para obtenção do Índice de Área Foliar

Complementarmente a tais apontamentos quanto ao uso desse mecanismo de determinação do IAF, diversos estudos estão sendo conduzidos para valorar e definir os protocolos que trarão melhores resultados e precisão ao utilizar-se deste método, tendo em vista que a aglomeração foliar tende a ser um fator chave para ocorrência de erros nas aferições de IAF quando de sua aplicação como alternativa indireta de determinação (JONCKHEERE et al., 2004 apud SCHIAVO, 2016, pg. 21).

O mecanismo do método utilizando fotografias hemisféricas é baseado em uma análise do espaçamento fracionário de vazios em um copado, conhecido como *gap fraction analysis methods*, por meio do qual é mensurada a probabilidade de um determinado elemento sonda, sendo usualmente utilizado a própria luminosidade solar, atravessar dado volume do copado sem interceptá-lo, tendo como função resultante da probabilidade de ocorrer esse atravessamento o entrelaçamento dos fatores de área foliar ocupada, ângulo incidente de luminosidade e a própria distribuição angular dos elementos foliares (QUEIRÓS, 2013). Os dados da fração de “espaços vazios” são, frequentemente, combinados com um modelo de transferência radiativa do copado, para que as estimativas de parâmetros descritores da estrutura da copa possam ser obtidas por um processo de inversão (LANG, 1991; WANG et al., 2005).

Para empregar tal mecanismo de determinação indireta do IAF, que seja a captura de imagens hemisféricas, se faz uso de equipamentos com ângulo de abrangência de 180°, mormente conhecidos como lentes olho de peixe, ou como a alcunha técnica em língua estrangeira *fish-eye*, produzindo assim imagens curvilíneas que são dispostas sob um plano de forma hemisférica e resulta na obtenção de uma efígie circular do espaço capturado. Tal mecanismo tem ainda duas maneiras distintas de captura, que são dependentes do equipamento a ser utilizado, podendo ser tomadas imagens capturadas abaixo da copa com a objetiva direcionada para cima, bem como podem ser feitas capturas acima da linha do dossel com direção de observação para baixo, dependendo, a decisão do ponto de visada a ser tomado, de fatores como o da espécie a ser analisada (SCHIAVO, 2016).

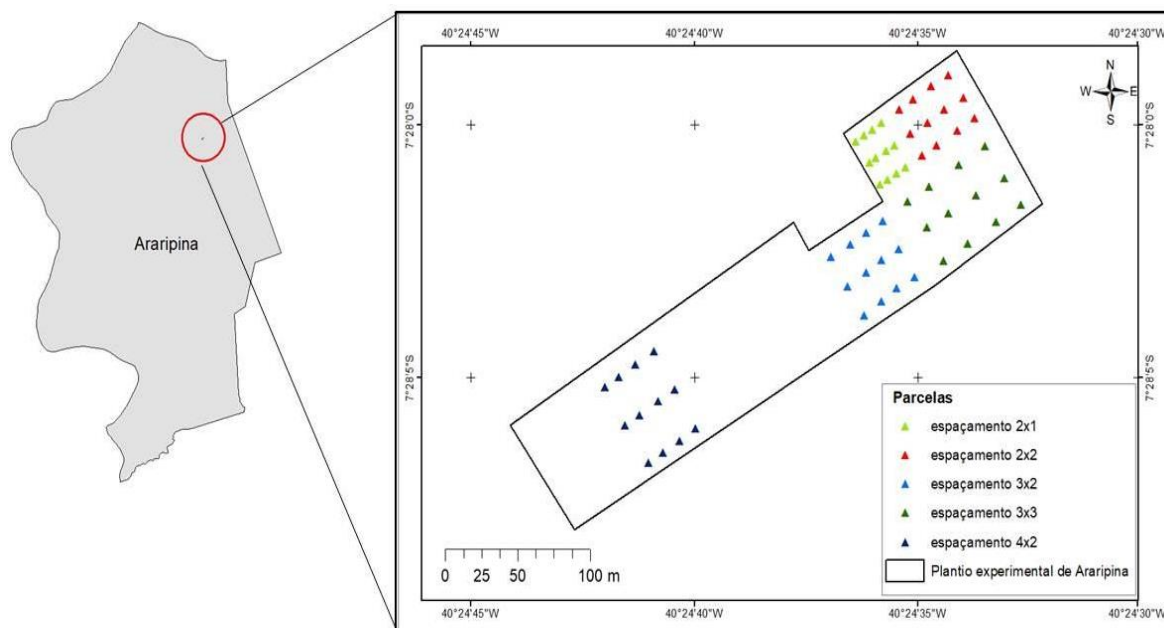
4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O plantio experimental de *Eucalyptus* spp. foi suprimido na Estação Experimental do Araripe, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado no município de Araripina, semiárido de Pernambuco, com as seguintes coordenadas geográficas 07°27'37'' S e 40°24'36'' W, altitude de 831 metros e solo do tipo (LA 19) definido como latossolo amarelo e latossolo vermelho-amarelo (EMBRAPA SOLOS, 2006).

O clima da região é caracterizado como BShw' pela classificação de Koppen, semiárido, quente, com chuvas de verão-outono e temperatura média anual de 24°C. Apresenta precipitação média anual de 760 mm, com chuvas concentradas entre os meses de novembro a maio, representando mais de 80% do total anual. (ITEP/LAMEPE, 2009).

Figura 1 - Área experimental de *Eucalyptus* spp. com a representação das cinco densidades (2x1;2x2;3x2;2x2;4x2) que estão localizadas na Estação Experimental do IPA, Araripina – PE



Fonte: Autor, 2018.

4.2 Delineamento experimental

O estudo foi conduzido em uma única densidade populacional com 12 parcelas e em cada parcela com aproximadamente 49 indivíduos, com um espaçamento de 3 m x 3 m entre si, optou-se apenas em retirar as fotografias desse espaçamento, devido ao tempo, por que as outras densidades já estavam em processo de colheita.

Foram usados três clones de *Eucalyptus* spp. distribuídos de forma inteiramente casualizada entre as parcelas, pertencente a um povoamento que possui mais quatro densidades populacionais (2m x 1m; 2m x 2m; 3m x 2m; e 4m x 2m), formando no total 15 tratamentos e quatro repetições, conduzidos no sistema de manejo de alto fuste, com sete anos de idade (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos avaliados no experimento realizado no Polo Gesseiro do Araripe.

Trat.	Clone	Descrição	Espaç.	Área da Parcela (m ²)	Área útil (m ²)
4	*C41	<i>Eucalyptus urophylla</i>	3m x 3m	441	225
9	*C11	<i>Eucalyptus brassiana</i>	3m x 3m	441	225
14	*C39	<i>Eucalyptus urophylla</i>	3m x 3m	441	225

* Clones presentes no espaçamento que foram tiradas as fotos hemisféricas.

Fonte: Adaptado de Gadelha, 2010.

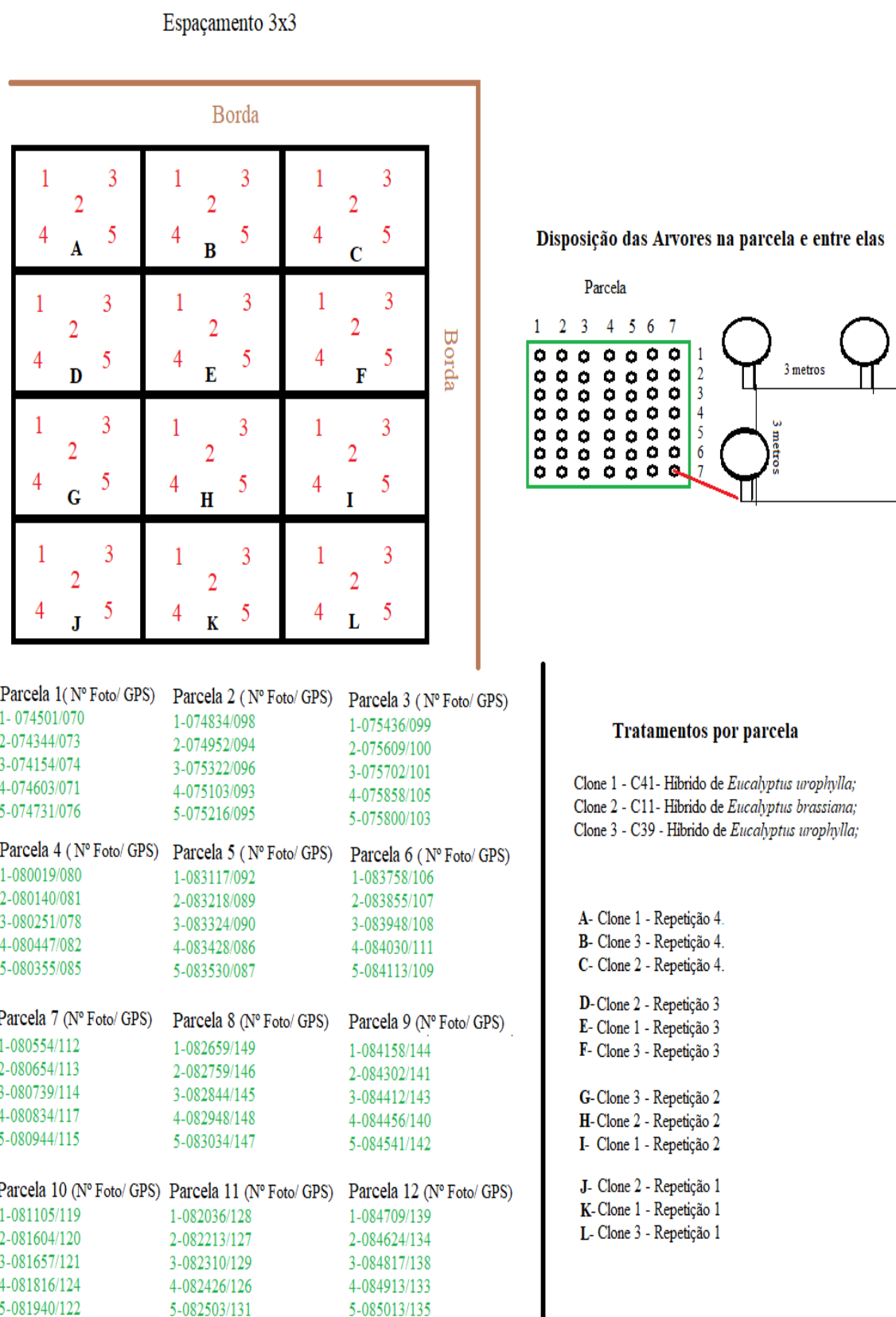
As mudas foram adquiridas junto a Indústria Suzano S/A e plantadas em covas com dimensões de 30 cm x 20 cm, a adubação de fundação foi realizada conforme recomendação da análise de solos e as parcelas foram compostas por 49 plantas, sendo 25 plantas na área útil.

4.3 Coleta dos IAF por fotos hemisféricas

As fotografias hemisféricas foram retiradas no mês de março de 2018, entre as 07h00 e 09h00 da manhã evitando-se horários de elevada incidência de radiação solar, aproveitando melhor o contraste entre copa e céu, em apenas uma densidade populacional, no espaçamento de 3 m x 3 m, composta por 12 parcelas, com plantio dos clones (C 41- *Eucalyptus urophylla*; C11- *Eucalyptus brassiana*; C39 - *Eucalyptus urophylla*) inteiramente casualizado (Figura 2).

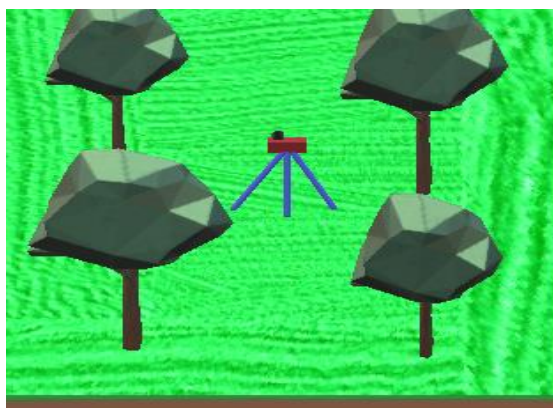
Foram obtidas as capturas através do uso de um celular Galaxy J7 prime com câmera de 13 Mbps, gerando imagens de 4128 x 3096 / 12.8 Megapixels com uma lente de 180° acoplada em um tripé com distância de aproximadamente 1,20 m do chão, calibragem com nível bolha (Figura 3), em cinco pontos georreferenciadas dentro de cada parcela, o qual, quatro pontos na diagonal e um no centro (Figura 2).

Figura 2 - Disposição das parcelas e dos clones em cada uma, representação dos pontos no local que foram coletadas fotografias hemisféricas e os pontos georreferenciadas no experimento do Polo gessoso do Araripe.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 3 - Demonstração da obtenção das fotografias hemisféricas com o uso do celular, tripé, lente olho de peixe com angulação de 180 ° e nível bolha nos cinco pontos em cada parcela no experimento do Polo gessoso do Araripe.

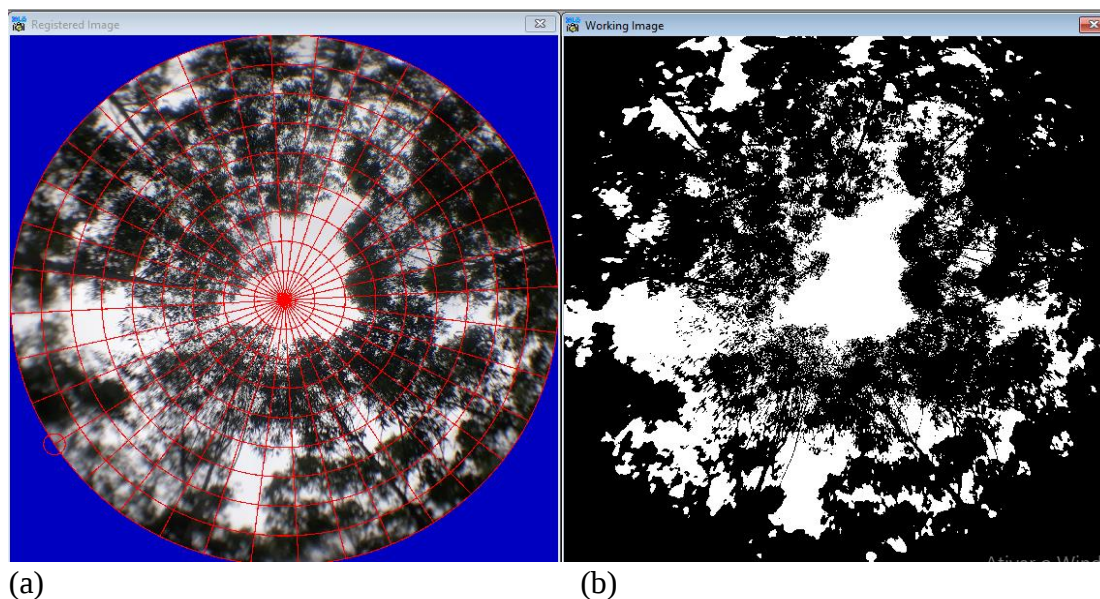


Fonte: Autor, 2018.

Para o processamento das imagens e obtenção dos índices de área foliar (IAF), abertura de Dossel, trabalhou-se com o software GAP Ligth Analyzer (GLA), desenvolvido para analisar dosséis a partir de imagens hemisféricas. A fotografia digital é convertida em preto e branco e recortada no formato quadrado requisitado pelo GLA (Figura 3). Em seguida, a fotografia é dividida radialmente e em círculos concêntricos equidistantes de acordo com a geometria óptica da lente de maneira que cada setor representa uma proporção igual do hemisfério. Esse cuidado visa eliminar o efeito de visada oblíqua crescente à medida que se afasta do centro da fotografia (Figura 4 a). Finalmente, a fotografia é segmentada em bitmap binário usando um limiar estimado visualmente (Figura 4 b).

O IAF usado foi de acordo com Leblanc e Chen (2011) que sugere que a parti de análises que o apenas o quarto anel (47-58 ° do zênite) é suficiente para estimar o IAF sob condições de luz difusa. A determinação do limiar foi realizada manualmente e definida anteriormente por meio da classificação de comparações visuais das fotografias com a classificada na banda azul, portanto definiu-se um limiar comum, que foi de 128 para fotografias.

Figura 4 - Imagem em processamento no software GAP Light Analyzer 2.0 tirada no experimento do Polo gesseiro do Araripe.



Fonte: Autor, 2018.

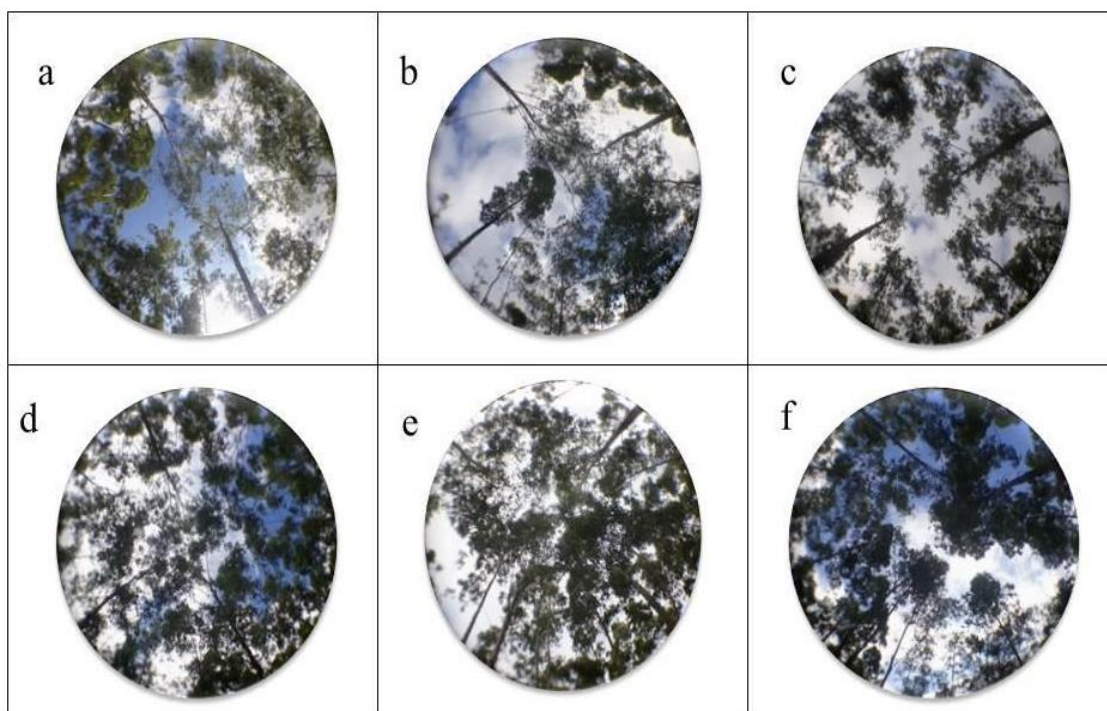
4.3 Análises estatísticas

A verificação de diferenças significativas entre as médias do IAF entre tratamentos (clones) foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA) considerando um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Quando houveram diferenças significativas indicadas pelo teste F na ANOVA, foi utilizado o teste de comparação de médias de Tukey-Kramer ($p = 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio de ferramentas do software Sisvar 5.6.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 5 estão ilustrados os padrões das fotografias que apresentaram os menores (a,b,c) e maiores (d,e,f) valores de IAF por tratamentos (clones). Observa-se a partir de uma interpretação “visual” que a imagem b (Clone 2) tem a menor quantidade de folhas e apresenta a maior quantidade galhos e troncos, possuindo apenas um aglomerado de folhas ao lado direito, enquanto a imagem d (Clone 1) possui a maior quantidade de folhas e maior densidade no dossel de forma bem distribuída se comparada às demais fotografias.

Figura 5 - Fotografias hemisféricas dos tratamentos: a- Imagem com menor valor e d- maior valor de IAF obtido pelo Clone 1 (C41- *Eucalyptus urophylla*) ; b- Imagem com menor valor e e- maior valor de IAF obtido pelo Clone 2 (C11- *Eucalyptus brassiana*); c- Imagem com menor valor e f- maior valor obtido de IAF pelo Clone 3 (C 39 - *Eucalyptus urophylla*); no experimento do Polo gesseiro do Araripe.



Fonte: Autor, 2018.

Os índices de área foliar encontrados nas fotografias hemisféricas oscilam de 0.78 à 1,56 m² de área de folha por m² de área de solo, sendo a maior média geral e os maiores valores de IAF encontrados na quinta parcela, na qual se encontram os clones C39 *E. urophylla* (Tabela 2). A menor média geral foi identificada na nona parcela, onde se encontram os clones C41, também *E. urophylla*, no entanto, se observa que abertura do dossel (AD) com maior porcentagem concentrada está localizada na mesma parcela, o que

se pode afirmar que quanto maior a abertura do dossel menor será o índice de área foliar (Tabela 1).

Diversos trabalhos apontam valores mais elevados que os encontrados neste estudo para o índice de área foliar, variando entre 1,72 até maior que 4,00, mesmo em um intervalo de tempo inferior ao estudado, no entanto deve-se levar em consideração as condições e tratamento silviculturais nos quais os indivíduos estão submetidos e quais variações clonais foram utilizadas (PAIVA et al., 2009; XAVIER et al., 2002). Entretanto, é importante ressaltar que a idade é um fator que pode interferir nos valores do IAF, o qual apresenta um leve crescimento no início e posteriormente uma redução nos valores, como visto por Almeida et al. (2015) que observou a mudança durante os anos em estudo com clones de Eucalipto (*grandis* x *urophylla*), o qual foi calculado o IAF em diversos anos desde dos 5 meses de idade até os 7 anos, variando de 0,48 à 3,14 m²/m².

Monte et al. (2007) realizou um trabalho com *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, com o mesmo espaçamento entre indivíduos de 3x3 metros no Município de Abaeté, MG, região de Cerrado, onde ele avaliou por diversos métodos indiretos estimação da abertura do dossel concluindo que houve uma diferença significativa entre os métodos e que apresenta correlação significativa com o índice de área foliar.

Tabela 2 - Dados gerados a partir das análises das fotografias hemisféricas com auxílio do GAP light analyses retiradas no experimento do Polo gesseiro do Araripe. A.D. - Abertura de Dossel %, IAF 4- Índice de Área Foliar (0-60°) m²/m⁻².

Parcela	Imagem	A.D	IAF 4	Parcela	Imagem	A.D	IAF 4
1	1	48.21	1.02	7	1	48.63	0.92
	2	33.63	1.23		2	43.46	0.85
	3	33.38	1.28		3	36.63	1.26
	4	42.30	1.23		4	49.40	1.09
	5	37.92	0.93		5	37.32	1.26
Média		39.09	1.14	Média		43.09	1.08
Parcela	Imagem	A.D	IAF 4	Parcela	Imagem	A.D	IAF 4
2	1	35.99	1.26	8	1	33.98	1.11
	2	35.34	1.23		2	38.50	1.16
	3	36.02	1.24		3	40.09	1.36
	4	34.61	1.31		4	45.49	1.2
	5	39.04	0.9		5	32.75	1.31
Média		36.20	1.19	Média		38.16	1.23
Parcela	Imagem	A.D	IAF 4	Parcela	Imagem	A.D	IAF 4
3	1	39.57	1.37	9	1	46.75	0.78
	2	30.93	1.44		2	44.98	1.18
	3	39.69	1.55		3	47.97	1.16
	4	40.44	0.96		4	41.45	1.18
	5	41.29	1.36		5	45.38	0.90
Média		38.38	1.34	Média		45.31	1.04
Parcela	Imagem	A.D	IAF 4	Parcela	Imagem	A.D	IAF 4

4	1	46.26	1.30	10	1	33.47	1.21
	2	35.92	1.11		2	50.57	0.92
	3	41.86	1.02		3	54.00	0.98
	4	43.79	0.98		4	47.17	1.02
	5	35.20	1.29		5	39.02	1.32
Média		40.61	1.14	Média		44.85	1.09
Parcela	Imagem	A.D	IAF 4	Parcela	Imagem	A.D	IAF 4
5	1	33.33	1.56	11	1	40.45	1.15
	2	39.09	1.20		2	42.05	0.89
	3	41.52	1.06		3	39.95	0.97
	4	33.94	1.19		4	39.62	1.36
	5	38.63	1.07		5	40.29	1.19
Média		37.30	1.22	Média		40.47	1.11
Parcela	Imagem	A.D	IAF 4	Parcela	Imagem	A.D	IAF 4
6	1	32.40	1.38	12	1	38.04	1.25
	2	39.57	1.28		2	29.20	1.53
	3	34.98	1.29		3	36.25	1.50
	4	33.78	1.23		4	36.15	1.33
	5	37.37	1.05		5	38.50	1.26
Média		35.62	1.25	Média		35.63	1.37

Fonte: Autor, 2018.

Por meio da análise de variância (ANOVA) das médias das parcelas por clone, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, portanto pode-se afirmar que não há influência do tipo clone escolhido sobre IAFs determinados e, assim, possivelmente, não ocorrerá também influência dos tipos de clone sobre as respectivas produtividades. Além disso, entende-se também por meio da interpretação desta análise que todos os clones se desenvolveram em ritmo semelhante, fator de grande importância para manutenção da uniformidade e consequente manejo adequado do plantio (Tabela 3).

Tabela 3 - Tabela de análise de variância (ANOVA) a 0.05%, para as médias dos índices de área foliar por tratamento em experimento no Polo Gesseiro do Araripe.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	2	0.019717	0.009858	0.917	0.4340
Erro	9	0.096750	0.010750		
TOTAL	11	0.116467			
CV (%) =	8.76				

Fonte: Autor, 2018.

Em trabalhos realizados em anos anteriores na mesma área experimental, autores identificaram os três clones (C39, C41 e C11) como os mais produtivos do estudo (FONTENELE, 2016; GADELHA, 2010). Segundo o trabalho de Lundgren (2011), os s apresentam uma produção por hectare de aproximadamente 132,20 m³/ha (C41 - *E. urophylla*), 158,46 m³/há (C39 - *E. urophylla*) e 164,89 m³/ha (C11 - *E. brassiana*), no polo gesseiro do Araripe-PE. Gadelha et. Al. (2015) ainda considera em seu trabalho que

os clones de *Eucalyptus* spp. são uma fonte viável como uso de energia para o polo gesseiro, além de mitigar a exploração da floresta nativa.

Os valores estimados da porcentagem para abertura do dossel variam entre 29,20 % encontrado na parcela 12 e 54% na parcela 10. Os seus valores médios variam de 35,62% e 45,31 %. Silva et al. (2009) encontro valores médios de porcentagens da abertura do dossel em uma área cerrado que oscilou de 35,97% e 87,24 %, no mês de maio.

Tabela 4 - Tabela de análise de variância (ANOVA) a 0.05%, para as médias da abertura do dossel por tratamento em experimento no Polo Gesseiro do Araripe.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	2	12.102917	6.051458	0.477	0.6357
Erro	9	114.274175	12.697131		
TOTAL	11	126.377092			
CV (%) =	9.01				

Fonte: Autor, 2018.

Análise de variância para as medias da abertura do dossel indica também que não diferença significativa estatisticamente entre os tratamentos, o que podemos levar em consideração que os resultados apresentam uma correlação com o Índice de área foliar.

Estimar o IAF por fotografias nos permite ter noção rápida de como está a produtividade do povoamento, no entanto deve-se ter bastante cautela na obtenção das imagens, e de preferencia utilizar outros métodos para comparar, e agregar uma maior precisão. Deve-se ressaltar que o aperfeiçoamento desse método com o uso de uma câmera de celular pode facilitar ainda mais o processo, por ser um equipamento de fácil obtenção e por ser uma ferramenta essencial para grande maioria da população.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que os índices de área foliar encontrados nas fotografias hemisféricas através das análises no software GAP Ligth Analyzer (GLA), oscilam de 0.78 a 1,56m²/m², sendo a maior média e os maiores valores de IAF encontrados na quinta parcela, na qual se encontram os clones C39, *E. urophylla*. A menor média foi identificada na nona parcela, onde se encontram os clones C41, também os clones de *E. urophylla*.

As imagens podem ter uma avaliação pelo método visual o que auxilia em determinar áreas com maior abertura do dossel, fator que está ligado diretamente com IAF, podendo também gerar indicadores de uma menor produtividade, facilitando assim uma possível intervenção.

Os tratamentos apresentaram uma homogeneidade nos dados encontrados tanto para o IAF, quanto para abertura do dossel. Se retiradas com cautela evitando interferência do sol, as fotografias podem ser utilizadas para estimar o IAF e a porcentagem de abertura do dossel.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, portanto pode-se afirmar que não há influência do tipo de clone escolhido sobre IAFs determinados e, assim, possivelmente, não ocorrerá também influência dos tipos de clone sobre as respectivas produtividades.

7. REFERÊNCIAS

- Almeida, A. Q.; Ribeiro, A.; Delgado, R.C.; Rody, Y. P.; Oliveira, A. S.; Leite, F. P. Índice de Área Foliar de *Eucalyptus* Estimado por Índices de Vegetação Utilizando Imagens TM - Landsat 5. **Floresta e Ambiente**, 22(3), 2015. 368-376.
<https://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.103414>.
- ABREU, Y. K. L. **Emprego de funções de densidade de probabilidade na modelagem da distribuição diamétrica de clones de *Eucalyptus* spp. no polo gesseiro do Araripe**. 114f. Dissertação (Mestrado Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
- ANDRADE, H. B. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* L'Héritier (Myrtaceae) nas Regiões Norte e Noroeste do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991, 105p.
- BAMBI, P. **Variação sazonal do índice da área foliar e sua contribuição na composição da serapilheira e ciclagem de nutrientes na floresta de transição no norte do Mato Grosso**. 111f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio ambiente), Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2007.
- BERGER, R. **Índice de área foliar estimado por ferramentas de sensoriamento remoto para a otimização de inventários em florestas plantadas**. 2014. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.
- BORÉM, A. **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: UFV. 2007, 387p.
- BREDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 392, p. 2403-2417, 2003. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erg263>.
- CHAVES, R. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; PEZZOPANE, J. E.M.; XAVIER, A.; MONTE, M. A. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clone de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 989-998, 2007.
- CHASON, J.W.; BALDOCCHI, D.D.; HUSTON, M.A. A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. **Agricultural and Forest Meteorology** 57, 107-128, 1991.
- FONTENELE, N.M., **Comparação entre a produtividade e análise econômica de clones de *Eucalyptus* spp. em sistemas de alto fuste e talhadia no Polo gesseiro do Araripe – PE**. 2016. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- GALVANI, E. Estudos climáticos nas escalas inferiores do clima: manguezais da Barra do Rio Ribeira, Iguape, SP. **Mercator**, v.9, p.25-38, 2010.

GADELHA, F. H. L. **Rendimento volumétrico e energético de clones de s de *Eucalyptus uruphylla* (cruzamento natural) e *Eucalyptus brassiana* (cruzamento natural) na chapada do Araripe-PE.** Dissertação (Ciências Florestais)- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife 2010.

GADELHA, F. H. L et al. Produtividade de clones de eucaliptos em diferentes sistemas de manejo para fins energéticos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 263-270, 2015.

GRECCO, E.D.; SILVEIRA, L.F.V.; LIMA, V.L.S.; PEZZOPANE, J.E.M. **Estimativa do índice de área foliar e determinação do coeficiente de extinção luminosa da abóbora *Cucurbita moschata* var. japonesa.** IDESIA, v 29, p.37-41, 2011.

GOWER, S. T.; KUCHARIK, C. J.; NORMAN, J. M. Direct and indirect estimation of leaf area index, f_{APAR} , and net primary production of terrestrial ecosystems. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 70, p. 29-51, 1999.

GONZALEZ-SANPEDRO, M. C.; TOAN, T. L.E.; MORENO, J.; KERGOAT, L.; RUBIO, E. Seasonal variations of leaf area index of agricultural fields retrieved from Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.810-824, 2008.

GUIMARÃES, M.J.M., FILHO, M.A.C., PEIXOTO, C.P., JUNIOR, F.A.G., OLIVEIRA, V. V. M. Estimation of leaf area index of banana orchards using the method LAI-LUX. **Water Resources and Irrigation**, v.2, n.2, p.71-76, 2013.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório anual da IBÁ 2017, ano base 2016. Brasília: IBÁ, 2017, 80 p. Disponível em : <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017_pdf>. Acesso em: 13/06/2018.

JONCKHEERE, I., FLECK, S., NACKAERTS, K., MUY, B., COPPIN, P., WEISS, M. BARET, F., Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, 19–35, p.2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Ed. Rima. São Carlos. 2004. 531p.

LANDSBERG, J.J; SANDS, P. Physiological ecology of forest production: principles, processes and models. New York: **Academic Press**; 2011. 352 p. Terrestrial Ecology Series n. 4.

LEBLANC, S.G; CHEN, J.M. A practical scheme for correcting multiple scattering effects on optical LAI measurements. **Agric For Meteorol** 110; 2001. 125–139 p. doi:10.1016/S0168-1923(01)00284-2

LIMA, T. L. **Reconstituição da composição, estrutura e biomassa arbustiva-arbórea a partir de cepas em caatinga sob manejo florestal.** 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

LIZASO, J. I.; BATCHELOR, W. D.; WESTGATE, M. E. A leaf area model to simulate cultivar specific expansion and senescence of maize leaves. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 80, n. 1, p. 1-17, 2003.

LUNDGREN, W. J. C. **Uso da geoestatística na estimativa volumétrica de clones de *Eucalyptus sp* no Pólo Gesseiro do Araripe**. 2011. 165 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

MACFARLANE, C.; GRIGG, A.; EVANGELISTA, C. Estimating forest leaf area using cover and full frame fisheye photography: Thinking inside the circle. **Agricultural and Forest Meteorology** 146 (2007) 1–12. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192307001177>>. Acesso em: 20/04/2018.

MARSHALL, J. K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. **Photosynthetica**, Prague, v. 2, p. 41-47, 1968.

MOREIRA, J. M. M. Á. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do Agronegócio Brasileiro. **FLORESTA**, V. 47, N. 1, P.85-94, 2017.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS G.G.; LEITE, H. G.; STOCKS, J.J. Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.42, n.6, p.769-775.

QUEIRÓS, R. J. S., **Estimativa do índice de área foliar em povoamento de Pinheiro Bravo recorrendo a inventário florestal, detecção remota e Sistemas de Informação Geográfica**. 91f. Dissertação (Mestrado em Gestão ambiental e ordenamento do território). Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipv.pt/bitstream/20.500.11960/1162/1/Rogério_Queiros_10450.pdf>. Acesso em: 16/04/2018.

SEGURA, T.E.S. **Avaliação das madeiras de *Corymbia citriodora*, *Corymbia torelliana* e seus s visando à produção de celulose kraft branqueada**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.198, 2015.

STAPE, J.L.; RYAN, M.G; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis*-urophylla with natural and manipulated supplies of water and nutrients. **Forest Ecology and Management**. 2004. 193: 219-234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2004.01.031>.

PAIVA, Y.G.; RIBEIRO, A.; ALMEIDA, A.Q.; GLERIANE, J.M.; PEZZOPANE, J. E. M. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) através de Fotografias Hemisféricas e Índices de Vegetação em plantios clonais de Eucalipto. In : XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal –RN. **Anais...**, 2009. p. 2873-2880.

REIS, L.S.; AZEVEDO, C. A.V.; ALBUQUERQUE, A.W.; JUNIOR, J.F.S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira**

de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.17, n.4, p.386–391, 2013.
Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n4/a05v17n4.pdf>>. Acesso em: 05/06/2018.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão energética e o manejo florestal da Caatinga. In: GARIGLIO, M. A. et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga.** Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, Cap. 1. p. 65-75. 2010.

SILVA, R.J.; MAILARD, P.; COSTA PEREIRA, P.S.; ANDRADE, C.F. Comparação de métodos indiretos para medição de abertura do dossel no cerrado, utilizando observações obtidas nos trabalhos de campo e fotos hemisféricas digitais . In : XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal –RN. **Anais...**, 2009. p. 3059-3064.

VALE, A. B.; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B.; NACIF, A. de P. (Ed.). **Eucaliptocultura no Brasil – Silvicultura, Manejo e Ambiência.** 2014. Viçosa, MG, SIF, 551p.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, v. 11, p. 41-76. 1947.

WANG, Q., ADIKU, S., TENHUNEN, J., GRANIER, A., 2005. On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. **Remote Sensing of Environment**. v 94, 244-255.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.421-427, 2002.

ZANCHI, F.B.; WATERLOO, M.J.; AGUIAR, L.J.G.; RANDOW, C.V.; KRUIJT, B.; CARDOSO, F.L.; MANZI, A.O. Estimativa do índice de área foliar e biomassa em pastagens no estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 39, p. 335 – 348, 2009.