



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

PAULO RODRIGO KARAS SERPA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS DE ESPÉCIES
FLORESTAIS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO**

**RECIFE-PE
2014**

PAULO RODRIGO KARAS SERPA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS DE ESPÉCIES
FLORESTAIS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador (a): Prof. PhD. José Antônio Aleixo da Silva

Co-orientador (a): Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

**RECIFE-PE
2014**

Ficha catalográfica

S486a Serpa, Paulo Rodrigo Karas
Avaliação do potencial de plantios homogêneos de
espécies florestais no agreste meridional de Pernambuco /
Paulo Rodrigo Karas Serpa. – Recife, 2014.
67 f.

Orientador: José Antônio Aleixo da Silva.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Ciência Florestal, Recife, 2014.
Referências.

1. Semiárido 2. *Eucalyptus spp.* 3. *Mimosa caesalpinifolia*
4. *Azadirachta indica* 5. Espaçamento I. Silva, José Antônio
Aleixo da, orientador II. Título

CDD 634.9

PAULO RODRIGO KARAS SERPA

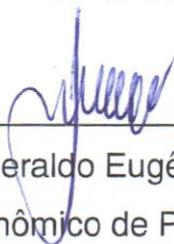
**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS DE ESPÉCIES
FLORESTAIS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO**

Data: 29/08/2014

Banca Examinadora



Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva
(Orientador – Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)



Dr. José Geraldo Eugênio de França
Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA)
Membro Titular



Prof. Dr. Luiz Medeiros de Araújo Lima Filho
(Departamento de Estatística/UFPB)
Membro Titular

RECIFE – PE

2014

Dedico este trabalho à minha mãe Elbânia Maria Ferreira Serpa, pela luta que travou com tudo e com todos para que eu conseguisse alcançar os diferentes degraus da minha existência, e ao meu irmão gêmeo Estevão José Karas Serpa, por todos os momentos juntos, sejam eles de paz ou de guerra, mas que sempre quis ver o melhor de mim, assim como eu espero sempre o melhor dele no que faz. Que eu possa servir de inspiração e motivação para eles, assim como ambos serviram para mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por me dar força e coragem para realização deste trabalho;

À minha mãe e irmão por sempre estarem dando força e serem literalmente meu sustentáculo;

Ao Professor José Antônio Aleixo da Silva por acreditar até o final e pelos ensinamentos, oportunidade e pela orientação;

Ao professor Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, pela co-orientação e pelos conselhos, apoio durante os períodos de turbulência e por acreditar que seria possível.

Ao Programa do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFRPE pela oportunidade de realizar o curso;

À Souza Cruz S/A pelo apoio a implantação e financiamento do projeto;

Ao IPA pelo apoio durante as etapas de implantação e monitoramento e, pela área cedida para o experimento;

Aos amigos e companheiros de fiscalização da Prefeitura do Cabo de Santo Agostinho pelo apoio, compreensão e amizade durante esse período de curso.

A Francisco das Chagas, Fernando Gadelha, Ivan Machado e Anderson Batista pelo apoio em campo e a Thyego Nunes e Rubeni Cunha pelos conselhos, orientações e troca de experiências;

Em especial a Ivan, Edson, Anderson, Vanessa, Lúcia, Izabela, Wedson, Felipe, Camila, Marilene, Mylena, Paulo de Jesus, Natalia, Kamila e Rafael pela grande amizade e apoio.

A todos que de forma direta e indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigado a todos!!!!

SERPA, PAULO RODRIGO KARAS. **Avaliação do potencial de plantios homogêneos de espécies florestais no Agreste Meridional de Pernambuco.**

Orientador: José Antônio Aleixo da Silva. Co-orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho de clones de *Eucalyptus spp.*, e das espécies *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Azadirachta indica* na região de São Bento do Una - PE; por meio das variáveis dendrométricas: diâmetro à altura do peito (DAP), altura, volume e sua relação com diferentes espaçamentos, bem como avaliar a sobrevivência e adaptação das espécies às condições locais. As árvores utilizadas foram oriundas de 14 tratamentos instalados no campo da Estação Experimental de São Bento do Una pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), dos quais sete tratamentos foram plantados no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e sete tratamentos no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. A coleta das variáveis foi feita aos 60 meses de idade, e as árvores foram submetidas a cubagem rigorosa pelo método de Smalian. As melhores taxas de sobrevivências foram da *M. caesalpiniaefolia* que apresentou valores entre 94,0% a 98,0%. *A. indica* apresentou sobrevivência de 96,0% em ambos os espaçamentos, sendo que os tratamentos com *Eucalyptus spp.* variaram entre 45,3% e 85,0%. Os maiores valores de DAP médios encontrados foram no *E. urophylla* com espaçamento 3,0 m x 2,0 m que apresentou 10,00 cm e o clone 0321 com espaçamento 3,0 m x 2,0 m que apresentou 9,23 cm. Os tratamentos que apresentaram maiores médias de altura foram *E. urophylla* com 10,92 m no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 9,62 m no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. O clone 0321 apresentou médias de alturas de 10,87 m (3,0 m x 2,0 m) e 10,23 m (2,0 m x 2,0 m) e o clone 2361 com 10,15 m (3,0 m x 2,0 m). O volume produzido de madeira por hectare foi maior nos plantios com os clones 0321 e clones 2361 com o espaçamento 2,0 m x 2,0 m que apresentaram produtividades de 79,195 m³/ha e 63,653 m³/ha respectivamente.

Palavras-chave: Semiárido, *Eucalyptus spp.*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Azadirachta indica*, espaçamento.

SERPA, PAULO RODRIGO KARAS. **Potential evaluation of homogeneous forest plantations species in Meridian Agreste of Pernambuco.** Adviser: José Antônio Aleixo da Silva. Co-adviser: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the performance of clones of *Eucalyptus spp*, and the species *Mimosa caesalpiniaefolia* and *Azadirachta indica* in São Bento do Una - PE.; through the measurement of dendrometric variables: diameter at breast height (DBH), height and volume and its relationship with different spacings, to evaluate the survival and adaptation of species to local conditions. The trees used were from 14 treatments of an experiment in the São Bento do Una Experimental Station belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). Seven treatments were planted in the spacing 3.0 m x 2.0 m and seven treatments in the spacing 2.0 m x 2.0 m. The data collection was made at 60 months of age, and the volume of the trees were determined by method Smalian. The best survival rates were for *M. caesalpiniaefolia* which showed survival rates ranging from 94.0% to 98.0%. *A. indica* showed survival rate of 96.0% in both spacing, the treatments with *Eucalyptus spp*. ranged between 45.3% and 85.0%. The highest average DBH values were found in *E. urophylla* in the spacing 3.0 m x 2.0 m which showed 10.00 cm and the clone 0321 in the spacing 3.0 m x 2.0 m which showed 9.23 cm. The treatments that showed the highest mean height were *E. urophylla* with 10.92 m spaced 3.0 m x 2.0 m and 9.62 m spaced 2.0 m x 2.0 m. The clone 0321 presented a mean height of 10,87 m (3.0 m x 2.0 m) and 10.23 m (2.0 m x 2.0 m) and the clone 2361 had a mean height of 10,15 m (3.0 m x 2.0 m). The volume of wood produced per hectare was higher in plantations with clones 0321 and 2361 clones with spacing 2.0 m x 2.0 m with productivity of 79.195 m³ / ha and 63.653 m³ / ha respectively.

Keywords: Semiarid, *Eucalyptus spp.*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Azadirachta indica*, spacing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos instalados no Campo Experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, em São Bento do Una.	30
Tabela 2. Análise de variância para sobrevivência	34
Tabela 3. Classificação das sobrevivências pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.	34
Tabela 4. Valores de DAP mínimo, médio e máximo encontrados por tratamento	37
Tabela 5. Análise da variância para o DAP médio dos tratamentos.....	39
Tabela 6. Classificação do DAP médio pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.	40
Tabela 7. Amplitude entre o diâmetro mínimo e máximo e sobrevivência por cada tratamento.	42
Tabela 8. Valores de altura mínima, média e máxima (m) por tratamento.	44
Tabela 9. Análise da variância para a altura média dos tratamentos.	45
Tabela 10. Classificação da altura média pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.	46
Tabela 11. Descrição dos tratamentos usados no experimento com seus respectivos volumes (m ³ /ha).	50
Tabela 12. Análise da variância do experimento em termos de volume (m ³ /ha)..	51
Tabela 13. Classificação das médias volumétricas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem do experimento Instalado no Campo Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, em São Bento do Una. Fonte: Google Maps, 2012.	29
Figura 2. Esquema demonstrativo da distribuição das árvores em uma parcela do experimento Instalado no Campo Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, em São Bento do Una.	29
Figura 3. Gráfico de sobrevivência e amplitude entre diâmetro mínimo e máximo dos tratamentos.....	43
Figura 4. Gráfico de sobrevivência e amplitude entre altura mínima e máxima dos tratamentos.	49
Figura 5. Gráfico de sobrevivência e produtividade dos tratamentos por hectare. pertencentes ao experimento de São Bento do Una – PE.....	53

Sumário

1.0 – INTRODUÇÃO	12
2.0 – REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 – CONTEXTO ENERGÉTICO	14
2.2 – FLORESTAS PLANTADAS	18
2.3 – ESPÉCIES	19
2.3.1 – <i>Eucalyptus</i> spp.	19
2.3.2 – <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	22
2.3.3 – <i>Azadirachta indica</i>	23
2.4 – ESPAÇAMENTO	24
2.5 – MORTALIDADE	26
3.0 – MATÉRIAS E MÉTODO	28
3.1 – LOCAL DO EXPERIMENTO	28
3.2 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.3 – SOBREVIVÊNCIA	32
3.4 – DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP)	32
3.5 – ALTURA DAS PLANTAS (H)	32
3.6 – CUBAGEM DAS ÁRVORES AMOSTRAS	33
4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 – SOBREVIVÊNCIA	34
4.2 – DIÂMETRO	37
4.3 – ALTURA	44
4.4 – VOLUME	50
5.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1.0 – INTRODUÇÃO

Em meio a uma grande pressão sobre os recursos florestais nativos e a demanda constante por energia para abastecimento de diversas atividades industriais e domésticas, surge a necessidade de encontrar novos meios de suprir essa demanda sem impactar os recursos florestais remanescentes. Uma alternativa para essa problemática é a implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento que se adaptam as condições ambientais da região semiárida e ao mesmo tempo conseguem apresentar produtividades capazes de suprir as necessidades do mercado consumidor de madeira.

Por existirem poucos estudos de experimentação florestal no Agreste Meridional pernambucano e diagnósticos que possam gerar informações relevantes para o fortalecimento de políticas florestais e diminuição do uso intensivo sobre os recursos florestais naturais, faz-se necessárias mais pesquisas com plantios de espécies exóticas que apresentem alta produtividade de madeira. Essas observações, juntamente com dados mais específicos sobre os recursos vegetais da região e seu comportamento, podem fundamentar iniciativas de conservação e manejo da Caatinga, tornando-se hoje, um dos maiores desafios, não somente por demonstrar a produtividade da Caatinga, mas por oferecer alternativas aos cortes predatórios de madeira da mesma.

Com a necessidade de encontrar solução para abastecer o mercado de lenha e, ao mesmo tempo, não agredir a Caatinga, fez-se necessário, de forma pioneira, a instalação de um experimento com espécies de alta produtividade e de período curto de manejo (em torno de 5 anos), adaptáveis às condições edafoclimáticas do Agreste Meridional de Pernambuco.

Assim sendo, o presente trabalho buscou comparar o desempenho dos clones de *Eucalyptus* spp. e das espécies *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Azadirachta indica* na região de São Bento do Una – PE. Com os seguintes objetivos:

1. Avaliar as seguintes variáveis dendrométricas: diâmetro à altura do peito, altura e volume;

2. Avaliar suas relações com diferentes espaçamentos, bem como avaliar as sobrevivências e adaptações das espécies as condições locais.

2.0 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – CONTEXTO ENERGÉTICO

Os países que obtêm seus recursos energéticos a baixo custo e com pouco impacto ambiental têm ganho espaços no mercado global, tendo em vista que o crescimento financeiro por si só não é mais viável e se faz necessário à preocupação com as pessoas que estão próximas as atividades impactantes como também a proteção dos recursos naturais e manutenção da exploração para as gerações. É justamente por isto que o modelo de produção de biocombustíveis brasileiro tem se destacado por produzir energia mais limpa e de forma renovável. (SEGURA, 2012)

Nas últimas décadas alguns países passaram por grande industrialização e o Brasil está inserido nesse grupo por apresentar uma grande capacidade de fornecimento de energia, independente da fonte. Porém, é reforçada a necessidade de um crescimento estabilizado e que cause poucos impactos ao meio ambiente e, ao mesmo tempo seja sustentável nos pontos de vista econômico e social.

A madeira sempre esteve presente no desenvolvimento da humanidade, seja para fins estruturais e de construção, seja para o aproveitamento do seu potencial energético. Segundo Brito (2007), a madeira se destaca por ter sido a primeira fonte energética da humanidade e está presente no abastecimento dos processos industriais como siderúrgicas, de extração e manufatura de minérios, indústrias têxteis, etc., e ainda ser utilizada também como fonte de energia de atividades de secagem, cozimentos, fermentações, produções de eletricidade, etc.

Desde a Revolução Industrial, a competitividade econômica dos países e a qualidade de vida de seus cidadãos são profundamente influenciadas pela energia (TOLMASQUIM et al., 2007). Na realidade que vivemos atualmente, três fatores se mostram fundamentais para a sobrevivência da humanidade: energia, economia e sustentabilidade, além de serem elementos essenciais para o desenvolvimento de qualquer país. (GOLDEMBERG, 2000; GENTIL, 2008).

O uso energético, tanto de florestas nativas quanto plantadas é a principal aplicação mundial da madeira (GENTIL, 2008). O uso da biomassa florestal para a geração de energia tem como vantagens o baixo custo, menor periculosidade ao meio ambiente por não emitir dióxido de enxofre e as cinzas não serem tão agressivas quanto as de combustíveis fósseis, menor dano e desgaste dos equipamentos utilizados nos processos e por ser um recurso renovável (SILVA et al., 2010).

O Brasil se destaca entre as economias industrializadas pela elevada participação das fontes renováveis em sua matriz energética. Justamente por apresentar algumas características ambientais ao qual facilita à produção de energia elétrica, eólica e o fato de ser o maior país tropical do mundo, o que se mostra um grande diferencial na produção de energia oriunda de biomassa (VASCONCELOS, 2002).

Em 2012, 42,4% da oferta interna do Brasil era constituída de fontes renováveis, sendo 9,1%, da oferta interna, constituído pela lenha que é utilizada de forma direta (combustão) em fornalhas, caldeiras e fogões e de forma indireta, em produção de carvão (BRASIL, 2013).

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2013), setores industriais apresentaram, nos últimos 10 anos um aumento do consumo energético. Apesar da importância dos combustíveis de madeira na matriz energética brasileira, a demanda apresentou um ligeiro aumento entre os anos 2003 e 2004, chegando a 13,2%, em seguida entra em declínio sucessivo no consumo até o ano de 2012, quando apresentou uma redução de 9,1%. Apesar desse declínio, o consumo de lenha e carvão vegetal em alguns setores específicos tem aumentado, principalmente, por causa de setores como o de cerâmica, que apresentou um aumento sensível no consumo de lenha nas suas atividades, saindo de 49,1% em 2003, para 51,2% em 2012, fazendo com que a lenha se mantenha como principal fonte de energia para o setor.

Historicamente, a região Nordeste apresenta um relacionamento intrínseco e de enorme dependência econômica e social dos seus recursos florestais. Nos últimos anos o foco de impacto tem sido a Caatinga, que é uma formação vegetal

típica do semiárido (CAMPELLO et al., 1999). Algumas indústrias que tem um consumo intensivo de madeira como combustível para as suas atividades, cerâmicas e caieiras, acabam gerando impactos extremamente negativos ao meio ambiente e reduzindo os recursos florestais naturais do Nordeste. Nessas situações, a lenha e seus derivados são utilizados de forma insustentável e não renovável e isso está associado ao empobrecimento do solo e à desertificação (UHLIG et al., 2008).

O que mais chama atenção, apesar da grande extensão e exploração da Caatinga, é a falta de políticas públicas regionais do setor florestal no Nordeste, seja nos incentivos para os plantios comerciais ou na proteção e fiscalização das áreas naturais. Em 1994, com a confecção de diagnósticos florestais e de programas de desenvolvimento florestal em quatro dos nove Estados do Nordeste, deu-se início a uma tentativa de estruturação do setor. Nesse diagnóstico se constatou que o Nordeste ainda tem grande dependência socioeconômica pelos recursos florestais existentes, incluindo a população e os setores que utilizam a lenha como fonte de energia, sendo que a lenha e o carvão vegetal representam de 30% a 50% da energia primária (CAMPELLO et al., 1999).

A exploração inadequada da cobertura florestal, juntamente com a falta de manejo adequado dos remanescentes florestais da região semiárida pode acarretar conflitos sociais com a escassez de madeira para lenha, já que a população e a economia local são extremamente dependentes de tal fonte energética (ARAÚJO et al., 2007; BRAID, 1996).

A zona do Agreste pernambucano possui uma área de 15904,79 km², é considerada uma área de transição entre o litoral e o Sertão apresentando clima tropical úmido a semiárido. Possui vegetação do tipo Caatinga hiperxerófila e apresenta, nas superfícies suavemente onduladas a onduladas, planossolos medianamente profundo, drenado e ácido com textura argilosa. Nas regiões mais elevadas apresenta solos litólicos, rasos e argilosos (CPRM, 2005; SÁ, 1998).

Essa região é marcada por apresentar uso intensivo do solo para atividades de agricultura e pecuária extensiva, o que acarretou a redução de sua

cobertura florestal para cerca de 10% de sua vegetação original (BARBOSA, 2011).

Segundo dados da Associação Plantas do Nordeste, em Pernambuco, são estimados cerca de 65 mil hectares de lenha extraídos por ano para atender as demandas estaduais e considera o Polo Gesseiro do Araripe e o Polo Cerâmico os principais responsáveis por tal fato (SUZUKI, 2006).

Claramente, deve haver um raio econômico viável para a produção de madeira e abastecimento das demandas. Considerando um raio de aproximadamente 100 km de distância da cidade de São Bento do Una existem diferentes demandas de madeira como o polo têxtil na proximidade de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe que utiliza lenha para aquecer as caldeiras nos seus processos produtivos, o polo moveleiro nas cidades de Lajedo, Gravatá e João Alfredo, a demanda de olarias na cidade de Bezerros. Por estar situada num ponto central em relação ao Polo Gesseiro do Araripe e a região metropolitana do Recife, torna-se um ponto estratégico para abastecimento energético, principalmente, com lenha (AGUIAR, 2005; IPHAN, 2012; BARBOSA, 2011).

Segundo Sales (2013), além das demandas domiciliares, de padarias e outros setores, destaca-se o seu uso para secagem de fumo que segundo o mesmo, tende a aumentar com a implantação de indústrias de cigarros na região. Essa atividade fumageira tende a impulsionar a implantação de pesquisas para caracterizar o cultivo de espécies que possam atender os pequenos produtores fornecedores dessa atividade na região, já que na fase de secagem a lenha continua sendo a principal fonte energética, por seu baixo custo.

Essas informações são relevantes para produtores rurais que podem incrementar e diversificar sua produção e renda, e também para consumidores e transportadores de produtos florestais que podem garantir um abastecimento constante e legalizado.

2.2 – FLORESTAS PLANTADAS

Dentro desse contexto, atenta-se para a importância dos plantios florestais em áreas de Caatinga para suprir a necessidade de madeira, principalmente na demanda energética, tendo como uma das principais funções atualmente, nessa região, a diminuição da demanda por espécies nativas reduzindo a pressão sobre tais florestas que geralmente são extraídas de forma predatória e sem manejo adequado.

As florestas de rápido crescimento, geralmente, são compostas de poucas espécies vegetais introduzidas artificialmente em uma área visando alta produtividade para atendimento de uma determinada demanda. Essas florestas desempenham papel importante como alternativa de matéria prima para indústria florestal. Além disto, podem ser implantadas em áreas já desmatadas ou exploradas anteriormente, o que diminui a pressão exercida sobre as florestas nativas, bem como atendem as necessidades de mercados específicos (SOARES; LEITE, 2000). Constituem uma fonte renovável de madeira e são eficientes em termos energéticos e ecológicos. A importância dessas florestas aumenta progressivamente, já que a madeira é uma matéria prima cada vez mais vital para a indústria e uma fonte cada vez mais competitiva de bioenergia, e também devido ao papel das florestas na atenuação dos efeitos negativos das alterações climáticas, bem como na atenuação do desmatamento da vegetação nativa, que geralmente, é feita de forma ilegal.

As florestas plantadas ajudam a combater os efeitos negativos do aquecimento global absorvendo carbono, além disso, também podem ajudar indiretamente a reduzir as perdas de florestas naturais. Também desempenham um papel social e ambiental cada vez mais importante na conservação, proteção do solo e da água, reabilitação de terras degradadas, luta contra a desertificação e paisagismo urbano e rural.

2.3 – ESPÉCIES

2.3.1 – *Eucalyptus* spp.

O gênero *Eucalyptus* é originalmente encontrado em regiões do Sul asiático e Oceania, principalmente na Austrália em uma faixa compreendida entre latitudes 9° N e 44° S. Pertencente à família Myrtaceae possuindo mais de 700 espécies descritas, sem contar as subespécies e inúmeros híbridos. O eucalipto tem ampla dispersão mundial e é utilizado para os mais diversos fins, apresentando uma grande adaptabilidade às diferentes situações edafoclimáticas, e se sobressaindo além das suas regiões de origem (ELDRIDGE et al., 1993; SANTOS et al., 2001; SILVA, 2008/2009).

Justamente, por possuir uma grande variedade de espécies adaptadas a diferentes condições de clima e solo, pela facilidade de propagação vegetativa e grande produtividade de sementes e, por apresentar características silviculturais desejáveis para os mais diversos usos industriais é que o eucalipto vem sendo cada vez mais utilizado em plantios florestais no Brasil (MORA; GARCIA, 2000; SILVA, 2005).

Sua introdução no Brasil se deu para suprir as necessidades da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF), sendo Navarro de Andrade o pioneiro a utiliza-lo no país em 1904. Com os bons resultados apresentados a CPEF, em 1909, iniciou plantios comerciais. Mas existem registros que afirmam que as primeiras mudas chegaram em 1824, e foram plantadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro por Dom Pedro I (ANDRADE, 1911).

Na década de 1970, o Governo Federal passou a estimular o plantio de eucalipto no território nacional. Na década seguinte, começam a surgir no Sul da Bahia as primeiras empresas e suas unidades de produção, atraídas pelos fatores locais e de logística, pelas condições edafoclimáticas, preço da terra, facilidade de escoamento da produção, disponibilidade de mão-de-obra e grandes extensões de terras para implantação dos plantios de eucalipto (SILVA, 2005).

Os plantios de eucaliptos no Brasil estão entre os mais produtivos do planeta e apresentam altos valores de crescimento justamente por apresentarem um grande desenvolvimento em técnicas de manejo, melhoramento genético e adaptabilidade ambiental. O Brasil possui, aproximadamente, 5,10 milhões de hectares de florestas de eucalipto, sendo que 20% desses plantios são direcionados para as indústrias de siderurgia e fins energéticos (ABRAF, 2013). Estima-se que em 2012, o Brasil produziu 52,2 milhões de m³ de lenha a partir de florestas plantadas e que Pernambuco apresentou produtividade estimada de 500 m³ de lenha proveniente de silvicultura nos últimos 10 anos (2002-2012) o que ainda é muito baixo se comparado com outros estados do Nordeste como a Bahia e Maranhão que hoje possuem as atividades do setor florestal mais consolidadas.

Segundo Paiva et al (2011), a cultura do eucalipto, que é uma opção para atender a demanda de madeira, teve um grande impulso nesses últimos 50 anos, graças a vasta rede de experimentação instaladas em vários órgãos públicos e empresas privadas e, esses estudos tem gerado melhorias na qualidade do material genético, nas técnicas de plantio, nos tratos silviculturais, fazendo com que a produtividade ganhe proporções significativas.

As plantas de eucalipto podem ser usadas para diversos fins dentro de uma propriedade agrícola, destacando-se com a finalidade de produção de lenha, uso em serrarias, para produção de mel, carvão vegetal, moirões, construções rurais, fabricação de papel ou celulose, podendo ser para o autoconsumo ou comercialização do excedente como um acréscimo na renda. No âmbito social, o reflorestamento também é de interesse público, pois evita o êxodo rural e o desemprego (PAIVA et al., 2011).

O uso de clones para formação de plantios de *Eucalyptus* proporciona maior produção e uniformidade no povoamento e fornecimento de matéria prima para a indústria, com técnicas de manejo que viabilizam o empreendimento (BERGER et al., 2002). Segundo Santos et al., (2006), florestas de eucalipto são capazes de proporcionar grande uniformidade de madeira o que é de relevante interesse para a indústria florestal, assim como maior produção de madeira por

unidade de área, racionalização das atividades operacionais e redução da idade de corte.

Apesar das críticas ao ressecamento dos solos e formação de áreas em deserto verde devido ao avanço da monocultura do eucalipto, existem estudos que mostram que o eucalipto apresenta um consumo de água próximo as demais culturas. A cana de açúcar, por exemplo, apresenta um consumo de água de 1000-2000 mm/ano, já o café 800-1200 mm/ano, enquanto o eucalipto apresenta de 800-2000 mm/ano. O eucalipto ainda se sobressai quando se compara a geração de biomassa por litro de água utilizado, constatando-se que o eucalipto é um dos mais eficientes produtores de biomassa, o que faz com que ele cresça rapidamente (IPEF, 2003). Segundo Lima; Zakia (2006), as florestas de eucaliptos consomem água de forma parecida com outras formações florestais e conseguem produzir mais biomassa por unidade de água consumida.

As características desejáveis, para fins energéticos, são a densidade, poder calorífico e o teor de lignina, que quanto maiores, melhores (PAIVA et al., 2011). Os autores ainda recomendam como espécies potenciais para essa finalidade os: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. urophylla*, *C. citriodora*, *E. saligna*, *E. grandis*, além de híbridos naturais ou obtidos por meio de polinização controlada entre matrizes selecionadas.

Dentre os eucaliptos plantados no Brasil, O *E. urophylla* é o que apresenta maior potencial de crescimento em termos de área plantada, justificado pela sua resistência ao fungo cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*), alta produtividade e versatilidade de usos. É uma espécie do subgênero *Symphomyrthus*, e tem sua ocorrência natural no arquipélago Sonda, fora da Austrália. É uma árvore de grande porte, atingindo facilmente mais de 50 m de altura e diâmetros acima de 1,2m em ambiente natural, em plantios comerciais, a espécie apresenta alturas variando entre 30 m à 60 m, e responde bem a adubação e ao espaçamento, e responde bem ao déficit hídrico. Hoje ainda é plantado puro ou por meio de híbridos clonados de altíssima produtividade, em especial o *E. urograndis*, híbrido entre *E. grandis* e *E. urophylla*, que viabilizou a silvicultura industrial brasileira no cerrado e em solos mais pobres, arenosos e com estação seca (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

O *Corymbia citriodora* tem sua ocorrência natural oriunda da Austrália, em locais que variam de 300 m a 800 m de altitude, com precipitação entre 650 a 1300 mm por ano e período de seca superior a 7 meses. É uma das espécies mais plantadas no Brasil, tendo plantios em todas as regiões do país e sua madeira é utilizada para os mais diversos fins (MORA: GARCIA, 2000)

2.3.2 – *Mimosa caesalpinifolia*

A *Mimosa caesalpinifolia* conhecida vulgarmente como sabiá é uma espécie que apresenta como característica comum o surgimento de vários fustes a partir de um mesmo ponto da base. É uma espécie nativa brasileira e de ocorrência bem acentuada na região Nordeste, principalmente, nos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará. Pertencente à família das Mimosaceae, a espécie é uma leguminosa de grande valor econômico por apresentar alto poder calorífico e alta resistência física e mecânica na sua madeira, apresentando assim grande variedade de aproveitamentos.

É uma espécie que tem ocorrência em Caatinga semiúmida, com precipitação entre 600 e 1000 mm, podendo ainda se desenvolver em áreas com seca mais acentuada suportando uma deficiência hídrica a partir de 200 mm e temperaturas médias de 20°C e 28°C (RIBASKI et al., 2003). Sua madeira é geralmente aproveitada para usos externos, por causa da sua resistência às intempéries são usadas como mourões, estacas, postes, e pela sua alta densidade aproveitada como lenha e até para carvão (LORENZI, 2000; PASSOS et al, 2007).

Considerando as condições edafoclimáticas de muitas áreas do Nordeste brasileiro, o sabiá é considerado uma excelente alternativa de plantio já que apresenta um rápido crescimento e bom desenvolvimento nos locais de solo mais pobres. Segundo dados da Embrapa (2007), o sabiá apresenta incremento médio de até 1 m de altura por ano, uma sobrevivência de 92% aos 8 anos de idade, com altura média de 5,8m e diâmetros a altura do peito de 7,7 cm, o que gera um incremento médio anual (IMA) de 4,9 m³/ha. Para corroborar com outros autores sobre a eficiência do sabiá para fins energéticos, Carvalho et al (2004), em um experimento instalado em Sobral-CE, observou que o número de fuste tem

relevância e relação direta com a quantidade de lenha produzida, ou seja, quanto mais fustes a árvore tem maior a quantidade de lenha produzida.

Alguns autores afirmam que, por ser uma espécie pioneira, o sabiá se destaca em crescimento com as demais e ainda é beneficiada por causa de sua associação com as micorrizas, essas que por sua vez, dão ao sabiá uma potencial recuperadora de solo já que essa relação simbiótica favorece a fixação de nitrogênio no solo. (SANTOS, 2008; SOARES; CARNEIRO, 2010).

2.3.3 – *Azadirachta indica*

Pertencente à família das Meliaceae, o nim (*Azadirachta indica* A. Juss) tem sua origem asiática, mais especificamente das regiões áridas do subcontinente indiano, é cultivada atualmente nos Estados Unidos, Austrália, países da África e América Central e apresenta como características relevantes o rápido crescimento e a alta resistência. Segundo Araújo et al (2000), o nim tem a madeira avermelhada, dura e resistente ao ataque de insetos e patógenos de apodrecimento e pode alcançar, em média, de 10 a 15 m de altura, tornando-se apta a sua utilização para controle de insetos pragas, nematóides, alguns fungos, bactérias e vírus, na medicina humana e animal, na fabricação de cosmético, reflorestamento, como madeira de lei, adubo, assim como paisagismo.

O Nim foi introduzido inicialmente no Brasil por meio de sementes originárias das Filipinas pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, no ano de 1986, com o objetivo de se pesquisar a ação inseticida dessa planta. Sete anos depois alguns plantios foram introduzidos em nível experimental, estabelecidos na região do cerrado do Estado de Goiás (NEVES, 2004). Na região Nordeste do Brasil, a espécie foi testada experimentalmente em condições pluviométrica, na média anual, de 600 mm em Petrolina – PE (LIMA, 1998).

Por ser uma árvore robusta tem se mostrado valiosa na utilização de programas de plantios florestais. Segundo Paes et al. (2011), o nim vem sendo utilizado em sistemas agroflorestais, e também como quebra-ventos de outras culturas.

Araújo et al. (2000), descrevem que a madeira do nim é dura e densa, e que é utilizada para fabricação de ferramentas, implementos agrícolas, moirões e

no uso como lenha e produção de carvão, com um alto poder calorífico. O manejo adequado do estande pode propiciar rendimentos de até 15 m³ aos quatro anos de idade e 40m³/ha aos dez anos, de madeira de alta qualidade.

O nim apresenta em suas partes constituintes diversos componentes químicos que têm sido usados como inseticidas, antissépticos e antimicrobianos.

O nim tem se destacado por sua resistência e crescimento em regiões tropicais sub-úmidas e semiáridas. Tem se adaptado bem as características climáticas e edáficas da Caatinga, que apresenta clima quente, e solos de pH levemente ácidos. Quando a árvore apresenta queda na produtividade dos compostos, o nim passa a servir para produção de lenha. Segundo Neves; Carpanezi (2009), com amostras extraídas aos 4 anos e da região do Cerrado, o nim apresentou densidade básica de 0,57 g/cm³, poder calorífico superior de 4.090 kcal/kg, carbono fixo de 81,8 % e rendimento em carvão de 38,2 %.

2.4 – ESPAÇAMENTO

A escolha do espaçamento inicial de um plantio florestal é de extrema relevância, pois é um dos condicionantes para a alocação de recursos necessários no sítio para o desenvolvimento da espécie plantada (SCOLFORO, 1998; BERGER et al., 2002).

Tendo influência no desenvolvimento da floresta, o espaçamento inicial pode exercer alterações em algumas variáveis relevantes como diâmetro, altura, conseqüentemente no volume, sobrevivência, densidade básica da madeira, etc.

Segundo Patiño-Valera (1986), o espaçamento ótimo é aquele capaz de fornecer o maior volume do produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado. Claramente não se deve levar em consideração somente o produto final como fundamento único, pois além da destinação final outros fatores influenciam diretamente nessa escolha.

Ao se implantar um povoamento florestal a definição do espaçamento inicial é uma das escolhas mais importantes, e o mesmo está interligado a

finalidade do plantio e o destino final da madeira a ser produzida, já que o espaçamento influencia na produção e também afeta de forma significativa os custos de implantação, manutenção e a exploração da floresta, além de interferir na qualidade da madeira, pois as plantas competem por iluminação, recursos hídricos, recursos nutricionais e espaço (MELLO et al., 1976; VALE et al., 1982; ANDRAE, 1978).

É sabido que determinado espaçamento tem influência direta no gerenciamento das plantações florestais e a sua escolha não pode ser generalizada. No ponto de vista silvicultural, um determinado espaçamento implica no número de tratos culturais a serem efetuados, na taxa de crescimento, no volume de madeira produzido, na taxa de mortalidade, nos procedimentos de implantação, de manejo e exploração e nos custos de produção, dentre outros aspectos considerando uma mesma espécie e um mesmo sítio. (SCOLFORO, 1998).

Clutter e Jones (1980) explicam sobre a importância da densidade de um povoamento concluindo que, dentro de certos limites, uma maior quantidade de espaço disponível para cada árvore propiciará um crescimento mais rápido da mesma. O que corrobora com a tendência natural que as árvores apresentam em densidade variada, povoamentos muito densos tendem a apresentar árvores de diâmetro menor se comparados com árvores de povoamentos pouco denso, já que a concorrência por espaço é menor e o crescimento em diâmetro se torna mais acentuado.

Segundo Stape et al. (2010), a densidade é determinada pela distância entrelinhas e entre plantas, sendo que a densidade de árvores por unidade de área no povoamento florestal tem influência no plantio e ao longo do ciclo florestal e influencia no crescimento individual das plantas e no crescimento em conjunto.

O objetivo do espaçamento é proporcionar a cada planta uma área suficiente para que seus sistemas radicular e aéreo possam se desenvolver bem. Os plantios com menor espaçamento atingem a capacidade de sítio mais rapidamente, com a diminuição das dimensões dos produtos obtidos. Porém, as diferenças iniciais de produção estão se tornando menores já que as árvores mais

espaçadas utilizam os recursos naturais disponíveis de forma mais completa, resultando numa produção equivalente por hectare em todos os espaçamentos. (BERGER et al. 2002).

Fishwick (1976) destaca como vantagens do espaçamento reduzido sua alta produtividade volumétrica em menor período de tempo, menor necessidade de reposição pelo elevado número de plantas e rápido retorno financeiro proveniente dos desbastes. Já Silva (1990) afirma que espaçamentos mais densos acarretam um aumento nos custos de produção, o que não resulta em melhor produtividade ao final.

Couto et al. (2002) recomendam que, na produção de madeira para fins energéticos, cada árvore ocupe uma área de 3 a 9 m² e seja manejada com rotações entre 4 e 7 anos de idade.

Estudos mostram que, na variável diâmetro, a influência do espaçamento é mais acentuada e definida, pois, geralmente, maiores espaçamentos proporcionam maior crescimento diamétrico justamente por apresentar maior disponibilidade de área por indivíduo arbóreo. Conseqüentemente, espaçamentos mais densos, apresentam diâmetros menores, pois a concorrência pelos recursos disponíveis é maior, por outro lado, apresentam maiores quantidades de indivíduos por hectare, fazendo com que a área basal seja maior e a produção volumétrica por hectare também (LADEIRA et al, 1997).

2.5 – MORTALIDADE

A mortalidade é uma variável bastante instável e dependente de diversos fatores, mas a sua determinação de forma precisa é importante para estudos de predição da produção e do crescimento em um povoamento florestal. Essa variabilidade é causada pela dependência da mesma com diversos fatores, tais como doenças, animais, fatores edafoclimáticos, características silviculturais e qualidade das mudas, além da competição natural entre os indivíduos durante o decorrer do tempo. Os fatores de competição natural podem ser amenizados com os tratamentos silviculturais de plantio e manutenção do povoamento, mas os outros

são de difícil controle por serem imprevisíveis mesmo que se possa amenizar suas influências nos plantios.

Reukema e Bruce (1977) afirmam que a taxa de sobrevivência de árvores é uma função da taxa de crescimento do povoamento. A sobrevivência se apresenta maior em bons sítios do que em sítios pobres, apresentando exceção no início do povoamento, justamente antes de começar a competição.

3.0 – MATÉRIAS E MÉTODO

3.1 – LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado no município de São Bento do Una, no Agreste de Pernambuco em uma área pertencente à Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, no Campo Estação Experimental de São Bento do Una, possuindo como coordenadas geográficas de posição 08° 31' 42" S e 36° 06' 40" W e altitude de 614 metros. O município apresenta Clima As' segundo a classificação de Köppen - tropical chuvoso com estação seca com temperatura média anual de 22,2 °C e precipitação pluviométrica média anual de 653,0 mm (SALES; 2013).

Foram utilizados clones de *Eucalyptus spp.*, e as espécies *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. e *Azadirachta indica* A. Juss. O experimento teve duração de cinco anos, com 19 tratamentos e diferentes espaçamentos com o intuito de analisar os comportamentos das espécies na região de implantação, suas produtividades volumétricas, sobrevivências as condições de sítio e assim gerar dados para futuros plantios comerciais com regimes de manejo definidos.

O experimento intitulado como Módulo de Experimentação Florestal do Agreste Meridional de Pernambuco, foi implementado em abril de 2008, em uma área total de 2,5 hectares (Figura 1) com parcelas que possuíam 294 m² e 196 m². As mudas foram plantadas em covas com dimensões de 30 cm x 20 cm x 20 cm nos espaçamentos de 3,0 m x 2,0 m e 2,0 m x 2,0 m, totalizando, inicialmente, 19 (dezenove) tratamentos com quatro repetições cada, entre híbridos e espécies do gênero *Eucalyptus spp.*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Azadirachta indica*. Porém com o decorrer do experimento somente oito tratamentos de *Eucalyptus spp.*, dois tratamentos de *M. caesalpiniiifolia* e dois tratamentos de *A. indica* permaneceram aptos para as análises, e dentro de tais tratamentos algumas parcelas sofreram perda dos dados levantados ocorrendo tratamentos com 4 repetições e outros com 3 repetições, e no caso de um tratamento de *A. indica* com 2 repetições como pode ser visualizado na Tabela 1. A disposição das árvores em uma parcela pode ser visualizada na Figura 2.



Figura 1. Imagem do experimento Instalado no Campo Experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, em São Bento do Una. Fonte: Google Maps, 2012.

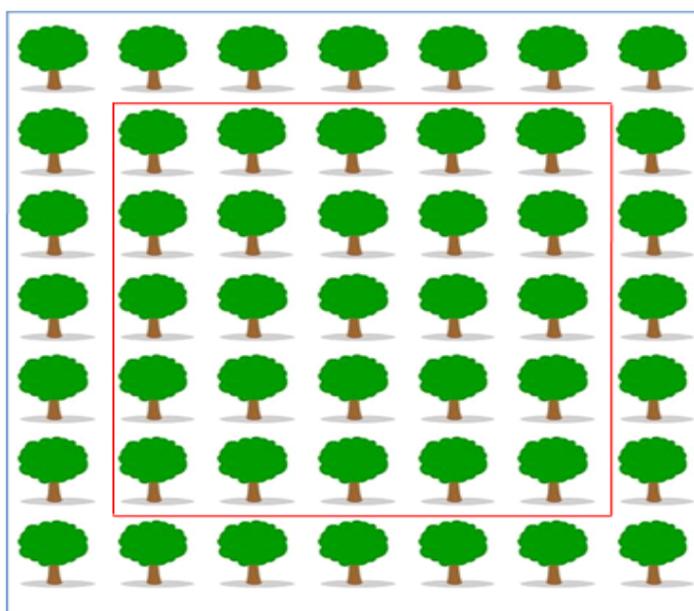


Figura 2. Esquema demonstrativo da distribuição das árvores em uma parcela do experimento Instalado no Campo Experimental do Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, em São Bento do Una.

Tabela 1. Tratamentos instalados no Campo Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em São Bento do Una.

TRAT.	CLONES	Espaçamentos	Repetições	Espécies
T3	CI 0321	3m x 2m	4	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> /Entre Rios - BA
T4	CI 2361	3m x 2m	4	Híbrido de Rio Claro/Eunápolis - BA
T8	CI 0321	2m x 2m	4	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> /Entre Rios - BA
T9	CI 2361	2m x 2m	3	Híbrido de Rio Claro/Eunápolis - BA
T12	<i>E. urophylla</i>	3m x 2m	3	<i>E. urophylla</i>
T13	<i>C. citriodora</i>	3m x 2m	4	<i>C. citriodora</i>
T14	<i>E. urophylla</i>	2m x 2m	3	<i>E. urophylla</i>
T15	<i>C. citriodora</i>	2m x 2m	3	<i>C. citriodora</i>
T16	Sabiá	3m x 2m	4	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth
T18	Sabiá	2m x 2m	4	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth
T17	Nim	3m x 2m	3	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss
T19	Nim	2m x 2m	2	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss

As mudas dos clones de eucaliptos foram provenientes da Copener Florestal LTDA, localizada em Inhambupe – BA.

3.2 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento utilizou o delineamento inteiramente aleatório, atendendo as suposições do modelo de que:

- Os tratamentos são designados às parcelas sem qualquer restrição, ou seja, de forma completamente aleatória (sem controle local);
- Há uniformidade entre as unidades experimentais, sendo o experimento conduzido sob condições homogêneas;

Foram utilizadas as árvores aos 60 meses de idade pertencentes às áreas úteis das parcelas. O modelo matemático do delineamento é o que se segue (SILVA; SILVA, 1995);

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = Variável analisada do i-ésimo clone na j-ésima repetição;

μ = Média geral;

τ_i = Efeito do i-ésimo clone;

ε_{ij} = Erro aleatório do i-ésimo clone na j-ésima repetição.

Os dados de sobrevivência, diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e produtividade por hectare foram submetidos inicialmente a um teste de normalidade para averiguar se os dados teriam condições de serem submetidos a uma Análise de Variância (ANOVA) e determinar se o conjunto de dados é bem modelado por uma distribuição normal ou não.

O teste escolhido foi o de o Kolmogorov-Smirnov que é usado para determinar se duas distribuições de probabilidade subjacentes diferem entre si ou se uma das distribuições de probabilidade subjacentes difere da distribuição em hipótese, em qualquer dos casos com base em amostras finitas (ACTION, 2014).

A função distribuição acumulada F_n para n observações y_i é definida por:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{\{(-\infty, x]\}}(x_{(i)})$$

Onde I_A é a função indicadora que é definida como:

$$I_A = \begin{cases} 1; & \text{se } x \in A \\ 0; & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Como a função de distribuição empírica F_n é descontínua e a função de distribuição hipotética é contínua, Se considera duas outras estatísticas:

$$D^+ = \sup_{x_{(i)}} |F(x_{(i)}) - F_n(x_{(i)})|$$
$$D^- = \sup_{x_{(i)}} |F(x_{(i)}) - F_n(x_{(i-1)})|$$

Essas estatísticas medem as distâncias (vertical) entre os gráficos das duas funções, teórica e empírica, nos pontos $x^{(i-1)}$ e $x^{(i)}$. Com isso, utilizasse como estatística de teste:

$$D_n = \max(D^+, D^-)$$

Se D_n é maior que o valor crítico, rejeitamos a hipótese de normalidade dos dados com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança. Caso contrário, não rejeitamos a hipótese de normalidade.

Tendo encontrado normalidade entre os dados, os mesmos foram submetidos a uma ANOVA para verificar se existia diferença significativa entre os tratamentos. Quando constatada diferença significativa nos mesmos, aplicou-se o teste de comparação de médias, no caso, o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando os Software ASSISTAT versão 7.7 Beta (SANTOS E SILVA, 2014) e IBM® SPSS® Statistics versão 22 trial (IBM, 2014).

3.3 – SOBREVIVÊNCIA

A sobrevivência foi determinada com base na contagem de plantas vivas, estabelecendo-se uma proporção em relação ao número total de plantas úteis da parcela, obtendo-se, assim, a porcentagem de plantas remanescentes de cada tratamento.

3.4 – DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP)

Foram medidos todos os diâmetros à altura do peito (1,30 m acima do nível do solo) de todas as árvores encontradas na área útil de cada parcela com o auxílio de suta graduada em cm e precisão em mm.

3.5 – ALTURA DAS PLANTAS (H)

As alturas totais das plantas foram determinadas para todas as árvores encontradas na parcela útil, após a derrubada com o auxílio de trena graduada em cm e precisão em mm.

3.6 – CUBAGEM DAS ÁRVORES AMOSTRAS

As árvores de *Eucalyptus spp.* e *Azadirachta indica* foram derrubadas e seccionadas com motosserra, para a realização da cubagem rigorosa na área do povoamento. Nessas árvores foram medidas a altura total, e os diâmetros a 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,10; 1,30; 1,50; 1,70; 2,30; e, após essa altura, foram coletados de 1,00 m em 1,00 m até o final da árvore. A altura total foi medida com o auxílio de trena graduada em centímetros com aproximação em milímetros e os diâmetros foram tomados com uma suta mecânica graduada em centímetros com aproximação em milímetros. A fórmula de Smalian foi empregada, para o cálculo de volume total (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

Fórmula de Smalian:

$$V = \frac{h}{2}(g_b + g_u)$$

Em que:

V = volume da secção em m³;

h = altura ou comprimento da secção em m;

g_b = área transversal da base da secção em m²;

g_u = área transversal do topo da secção em m².

Nas árvores de *Mimosa caesalpiniiifolia* foi contabilizado o número de fustes por árvore, coletadas as alturas totais de cada fuste e os diâmetros da base, da altura do peito (1,30 m) e do topo da árvore. Isto se justifica pela estrutura das árvores, que ao contrário dos eucaliptos e do nim, o sabiá emite vários fustes de uma mesma touceira.

A organização e estruturação das planilhas e dados foram realizadas pelo software Excel pertencente ao pacote Microsoft Office 2010.

4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – SOBREVIVÊNCIA

A análise da variância (ANOVA) registrou a existência de diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidades, para a sobrevivência aos 60 meses entre os tratamentos. (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para sobrevivência

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	11	14452,71545	1313,88322	3,6548 **
Resíduos	29	10425,33333	359,49425	
Totais	40	24878,04878		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

Constatadas diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey para identificar as diferenças existentes entre médias (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação das sobrevivências pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.

Tratamentos	Culturas	Espaçamentos	Sobrevivências (%)	
T18	Sabiazeira	2,0 m x 2,0 m	98,0	a
T17	Nim indiano	3,0 m x 2,0 m	96,0	ab
T19	<i>Nim indiano</i>	2,0 m x 2,0 m	96,0	ab
T16	Sabiazeira	3,0 m x 2,0 m	94,0	ab
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	85,0	ab
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	80,0	ab
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	64,0	ab
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	61,0	ab
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	56,0	ab

T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	53,3	ab
T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	53,0	ab
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	45,3	b

As maiores taxas de sobrevivência encontradas no experimento foram da *M. caesalpiniiifolia* e da *A. indica* que apresentaram porcentagem acima de 90% em ambos os espaçamentos utilizados.

A *M. caesalpiniiifolia* apresentou sobrevivência de 94% com espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 98% com espaçamento 2,0 m x 2,0 m. Pereira et al. (2012), em experimento realizado em Campina Grande-PB, com espaçamento de 2,0 m x 1,0 m, aos 30 meses, encontrou sobrevivência variando entre 70 e 96%, com média de 87,2% para plantios de *Mimosa caesalpiniiifolia*. Barros et al. (2010), em experimento na Região do Araripe, com plantio de diversas espécies exóticas e nativas, encontrou para a *M. caesalpiniiifolia*, com 6,5 anos de idade e espaçamento de 3,0 m x 2,0 m sobrevivência de 89,33%. Isto demonstra a facilidade de adaptação da espécie para ambientes semiáridos, com muita luminosidade e baixos recursos hídricos. Isto pode ser resultado da espécie ser considerada pioneira e ter bom desempenho graças a esse fator.

A *A. indica* apresentou sobrevivência de 96% em ambos os espaçamentos utilizados. Siqueira et al. (2002), em experimento com diversas espécies exóticas, inclusive o Nim indiano, com espaçamento de 4,0 m x 1,5 m, aos 18 meses de plantio, nos municípios de Itaporanga D' Ajuda-SE e Umbaúba-SE, encontrou sobrevivência de 90% e 100%, respectivamente, o que sugere que a espécie consegue se adaptar bem as condições de clima mais seco e pouca disponibilidade hídrica.

Dentre os eucaliptos, os clones 0321 e 2361 apresentaram maiores sobrevivências (85% e 61%) apesar de não ter diferença significativa entre os mesmos. O *C. citriodora* com espaçamento 2,0 m x 2,0 m, foi o único que apresentou sobrevivência inferior a 50%.

Moura et al. (1995), trabalhando com quatro procedências de *E. brassiana* em Planaltina-DF, em espaçamento 3,0 m x 2,0 m aos 13 anos de idade, encontrou sobrevivência variando entre 80% e 95%. Novaes et al. (2007), em experimento instalado no semiárido, em espaçamento 3,0 m x 3,0 m, aos três meses de plantio, no município de Cândido Sales-BA encontrou 87,12% para clones de *E. urograndis*, 83,29% para *E. urophylla* e 80,33 para *C. citriodora*, nesse mesmo trabalho, as espécies que se destacaram em sobrevivência foram *E. camaldulensis* com 94,20% e *E. tereticornis* 93,26%. Morais (2006) trabalhando com clones de *Eucalyptus sp.* em Vazante-MG, aos 5 anos de idade com espaçamento 3,0 m x 2,0 m encontrou sobrevivência de 94%.

Levando em consideração que somente os clones 0321 e 2361 com espaçamento 2,0 m x 2,0 m apresentaram sobrevivência igual ou superior a 80%, dentre os tratamentos com eucalipto, somente esses tratamentos apresentaram potencial de estabelecimento e adaptação às condições ecológicas da região. Essa afirmação é corroborada pelas palavras de Macedo et al. (2000), que afirmam que o potencial de estabelecimento de espécies florestais arbóreas expressa a capacidade de adaptação e o vigor das mudas, frente as reais condições edafoclimáticas observadas *In loco*, após o plantio definitivo. É sob as diferentes características de campo que as mudas diferem em suas expressões fenotípicas e acabam revelando suas magnitudes e os efeitos das interações genótipo/ambiente.

Considerando-se os experimentos instalados na Região do Araripe, que apresentam características climáticas mais próximas das encontradas neste trabalho, já que está em área de semiárido no estado de Pernambuco, as espécies apresentaram uma taxa de mortalidade grande e demonstram que não se adaptaram bem as condições de sítio. Gadelha et al (2012) em experimento no Polo Gesseiro do Araripe, na cidade de Araripina-PE, usando espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 7,5 anos de idade, trabalhando com três clones diferentes encontrou sobrevivência variando entre 87% e 97%. Rocha (2012) em experimento instalado na cidade de Araripina-PE, com espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 7,5 anos de idade encontrou sobrevivência variando, nos diversos clones de *Eucalyptus spp.*, entre 49% e 99%, mesmo com alguns clones apresentando sobrevivência superior a

95%, os mesmos não foram os mais produtivos, como é o caso do C101 (*E. urophylla* x *E. tereticornis* com polinização controlada) com 99% e o C80 (*E. urophylla* x *E. tereticornis* com polinização controlada) com 98%. Segundo as indicações da autora, os clones recomendados, apresentando maior produtividade com boa sobrevivência, são o C39 (*E. urophylla* com cruzamento natural) com 89%, o C41 (*E. urophylla* com cruzamento natural) com 72% e C31 (*E. brassiana* com cruzamento natural) com 91% de sobrevivência.

Na região do Agreste Meridional de Pernambuco o *C. citriodora* não é recomendado por apresentar resultados muito abaixo das expectativas, o *E. urophylla* se mostrou com baixa sobrevivência apesar disso, Rocha (2012) encontrou bons resultados em seu trabalho, assim como Novaes et al. (2007) apesar da sobrevivência superior a 80% foram os piores neste aspecto em tal experimento.

As melhores indicações para plantio são a *M. caesalpiniiifolia* e *A. indica* que apresentaram as menores taxas de mortalidade e demonstraram maior resistência as condições climáticas da região. Para o eucalipto, os mais indicados são os clones 0321 e o 2361 no espaçamento 2,0 m x 2,0 m, apesar de não apresentar diferença estatística quando utilizado no espaçamento 3,0 m x 2,0 m.

4.2 – DIÂMETRO

As estatísticas descritas concernentes aos DAPs se encontram na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de DAP mínimo, médio e máximo encontrados por tratamento

Tratamento	Espécie	Espaçamento	DAP mínimo*	DAP máximo*	DAP médio*
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	6,30	13,80	9,23
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	4,10	13,50	8,54
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	4,20	10,00	7,57
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	4,60	10,40	7,30
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	5,10	14,00	10,00

T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	2,80	12,00	7,10
T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	3,40	13,00	8,12
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	2,60	10,90	6,89
T16	Sabiazreira	3,0 m x 2,0 m	1,60	6,80	3,33
T17	Nim indiano	3,0 m x 2,0 m	1,00	8,50	4,47
T18	Sabiazreira	2,0 m x 2,0 m	1,20	7,00	3,37
T19	Nim indiano	2,0 m x 2,0 m	0,90	5,70	3,68

* Valores em centímetros.

Dentre os eucaliptos, os tratamentos que apresentaram menores valores de DAP foram os tratamentos 13 e 15, justamente os que eram compostos pelo *C. citriodora*, com valores de 2,60 cm para o espaçamento 2,0 m x 2,0 m e 2,80 cm para o espaçamento 3,0 m x 2,0 m. Estes valores podem ter sido ocasionados pela má adaptação da espécie com as condições climáticas da região.

A *M. caesalpiniiifolia* apresentou, no DAP mínimo, valores de 1,60 cm para o espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 1,20 cm para o espaçamento 2,0 m x 2,0 m. Não apresentou uma variação relevante entre os tratamentos. Este comportamento pode ter sido causado pela variação do número de fustes por indivíduo, pois os com maiores quantidades de fustes apresentaram valores menores de DAP, assim como os que apresentaram menor quantidade de fuste tiveram DAPs maiores.

A *A. indica*, dentre todos os tratamentos, apresentou os menores valores de DAP, com 1,00 cm para o espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 0,90 cm para o espaçamento 2,0 m x 2,0 m. Estes valores podem ter ocorrido por causa da adaptação a espécie nas condições climáticas da região, ou em função do espaçamento empregado e o tempo de corte, já que na literatura a recomendação é que sejam instalados espaçamentos maiores e a rotação recomendada gira e torno de 8 a 10 anos.

Avaliando o DAP máximo encontrado, pode se observar que entre os tratamentos com eucaliptos, todos apresentaram valores superiores a 10,00 cm de diâmetro, destacando-se o tratamento 12, composto por *E. urophylla*, com

14,00 cm; o tratamento 3, composto pelo clone 0321, com 13,80; o tratamento 4, composto pelo clone 2361, com 13,50 cm; todos no espaçamento 3,0 m x 2,0 m; e o tratamento 14, composto por *E. urophylla*, com 13,00 cm de diâmetro, no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. É possível que este comportamento tenha relação com a sobrevivência da espécie, já que com a morte de indivíduos ao redor de uma árvore vão lhe dar melhores condições de desenvolvimento já que a disputa por espaço/nutrientes/água se tornou menor, ocasionando alguns indivíduos com proporções maiores que os demais.

Já a *M. caesalpinifolia* apresentou como valores máximos de diâmetro 7,00 cm para o espaçamento 2,0 m x 2,0 m e 6,80 cm para o espaçamento 3,0 m x 2,0 m, não ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos.

A *A. indica* apresentou como diâmetros máximo valores de 8,50 cm para o espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 5,70 cm para o espaçamento 2,0 m x 2,0 m. constatando-se que o espaçamento mais amplo apresentou maiores indivíduos o que corrobora com os estudos sobre nim que afirmam a necessidade de maiores espaçamentos para a espécie.

Os diâmetros médios foram submetidos a uma análise de variância para verificar a ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Análise da variância para o DAP médio dos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	11	205,70512	18,70047	16,3305 **
Resíduos	29	33,20859	1,14512	
Totais	40	238,91371		

Constatadas diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey para identificar as diferenças existentes entre médias (Tabela 6).

Tabela 6. Classificação do DAP médio pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.

Tratamento	Espécie	Espaçamento	DAP médio*	
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	10,00	a
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	9,23	ab
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	8,54	ab
T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	8,12	ab
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	7,57	ab
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	7,30	abc
T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	7,10	bc
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	6,89	bcd
T17	Nim indiano	3,0 m x 2,0 m	4,47	cde
T19	Nim indiano	2,0 m x 2,0 m	3,68	de
T16	Sabiazreira	3,0 m x 2,0 m	3,33	e
T18	Sabiazreira	2,0 m x 2,0 m	3,37	e

CV% = 16,00

Os maiores valores médios encontrados foram no *E. urophylla* com espaçamento 3,0 m x 2,0 m que apresentou 10,00 cm de DAP e o clone 0321 com espaçamento 3,0 m x 2,0 m que apresentou 9,23 cm de DAP. Marcolino (2010) encontrou valores variando entre 10,41 cm a 12,63 cm em *Eucalyptus* de 4 anos com espaçamento 3,0 m x 2,0 m em experimento instalado em Mogi-Guaçu-SP. Reiner et al. (2011) encontrou em experimento de *Eucalyptus dunnii* aos 3 anos de idade instalado em Pato Branco – PR, 9,55 cm em espaçamento 2,0 m x 2,0 m e 10,24 cm em espaçamento 3,0 m x 2,0 m. Leles et al. (2001), em plantios com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m aos 4,5 anos no município de João Pinheiro – MG, encontrou em *E. camaldulenses* 9,40 cm e 11,5 cm em *E. pellita*. Morais (2006) estudando *Eucalyptus spp.* em Vazante, MG; com diferentes espaçamentos, encontrou aos 5 anos de idade, 13,15 cm em espaçamento 3,0 m x 2,0 m. Essa diferença negativa em relação aos estudos realizados pelos autores supracitados pode ser causada pelas características climáticas da região, já que o Agreste Meridional pernambucano apresenta um clima mais seco, quente e

disponibilidade hídrica baixa do que as dos demais autores citados, fazendo com que se possa inferir a dependência do eucalipto com boas relações hídricas.

Já os menores valores médios foram encontrados nos tratamentos compostos por *M. caesalpinifolia* e *A. indica* independente do espaçamento. A *M. caesalpinifolia* apresentou 3,33 cm no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 3,37 cm no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. Ribaski et al. (2003), em condições do semiárido brasileiro, espaçamento de 3x3m com 7 anos de idade, apresenta, em média 6,50 cm de DAP. Suassuna (sem data), em experimento na cidade de Igarassu-PE, com 6 anos de idade e espaçamento de 2,0 m x 2,0 m encontrou 4,48 cm de DAP médio com variação entre 3,80 cm e 5,30 cm. Carvalho (2004) em experimento realizado na cidade de Sobral-CE com *M. caesalpinifolia* controlando o número de fustes, com espaçamento de 2,0 m x 2,0 m, com 7 anos de idade encontrou 6,80 cm (para tratamento com 1 fuste e controle das demais rebrotas), 5,9 cm (para tratamento com 2 fuste e controle das demais rebrotas), 5,3 cm (para tratamento com 3 fuste e controle das demais rebrotas) e 4,5 cm (para tratamento sem controle das rebrotas). Os valores médios de DAP se apresentaram próximos ao realizado em Igarassu-PE, e apresentaram um incremento mais baixo que os dados de Ribaski et al (2003). Considerando-se que esse experimento apresentou valores de DAP variando entre 1,20 cm e 7,00 cm, é possível ver que a diferença não é relevante entre as diversas condições edafoclimáticas, e sim atribuído a quantidade de fuste por indivíduos, que pode ser corroborado com os dados de Carvalho (2004) e, conseqüentemente, ao espaçamento aplicado, já que o mesmo tem relevante contribuição nas variáveis dendrométricas e influencia alguns comportamentos fenológicos, sendo assim é possível submeter o sabiazeiro a um sistema de manejo de fuste para obter um maior controle da variação em volume e diâmetro.

A *A. indica* apresentou 4,47 cm no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 3,68 cm no espaçamento 2,0 m x 2,0 m, mostrando que a espécie é dependente do espaçamento para o seu desenvolvimento. Moreira et al. (2013), em experimento no semiárido paraibano, com *A. indica*, aos 11 anos de idade submetidos ao espaçamento 4,0 m x 4,0 m, encontrou 15,10 cm de diâmetro de base (coletado a 0,30 m do solo), considerando que o DAP é inferior ao diâmetro da base, é

possível deduzir que o crescimento em DAP seja aproximadamente de 1,00 cm ao ano, comparando com esse experimento que o incremento girou em torno de 0,89 cm ao ano para o espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 0,73 cm ao ano para o espaçamento 2,0 m x 2,0 m, sendo possível inferir que o crescimento está relacionado ao espaçamento e a idade da planta. Miranda et al. (2014), com experimento instalado no Norte de Mato Grosso, em zona de transição entre os biomas Cerrado e Floresta Amazônica, na cidade de Sorriso-MT, com espaçamento de 3,0 m x 2,5 m, encontrou aos 5 anos de idade DAP de 7,64 cm, o que demonstra a relação da espécie com fatores climáticos e hídricos.

Os valores por si só de diâmetro não demonstram muito sobre os comportamentos dos tratamentos já que outros fatores têm relevâncias nos comportamentos apresentados pelos mesmos, como a relação do DAP com a sobrevivência da espécie. A tabela 7 mostra as estatísticas para diâmetro máximo, mínimo e sobrevivência.

Tabela 7. Amplitude entre o diâmetro mínimo e máximo e sobrevivência por cada tratamento.

Tratamentos	Espécies	Espaçamentos	$D_{\max} - D_{\min}^*$	Sobrevivências (%)
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	7,50	61
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	9,40	64
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	5,80	85
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	5,80	80
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	8,90	56
T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	9,20	53
T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	9,60	53
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	8,30	45
T16	Sabiazreira	3,0 m x 2,0 m	5,20	94
T17	Nim indiano	3,0 m x 2,0 m	7,50	96
T18	Sabiazreira	2,0 m x 2,0 m	5,80	98
T19	Nim indiano	2,0 m x 2,0 m	4,80	96

É possível visualizar que os tratamentos que apresentaram maiores sobrevivências tiveram menores amplitudes entre os diâmetros mínimos e máximos, e os que apresentaram taxas de sobrevivência menores, mostraram maiores amplitudes entre os diâmetros (Figura 3).

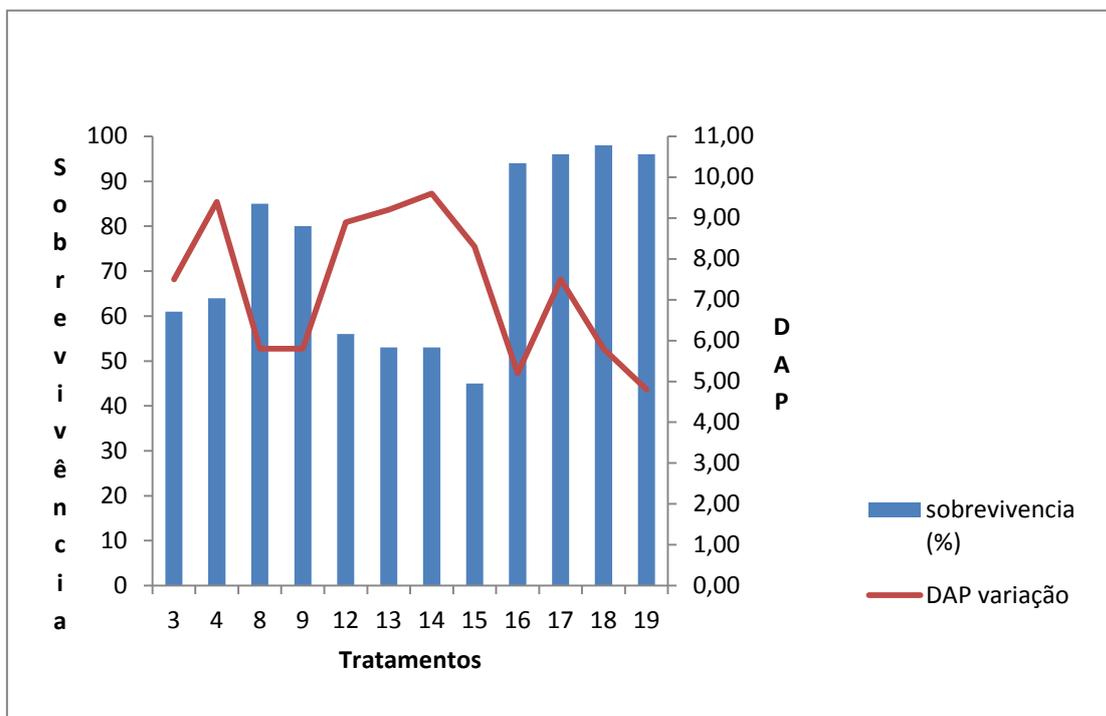


Figura 3. Gráfico de sobrevivência e amplitude entre diâmetro mínimo e máximo dos tratamentos.

É possível observar no gráfico que existe uma tendência comportamental e uma relação intrínseca correspondente ao aumento da sobrevivência e a ocorrência inversa na amplitude entre os diâmetros. Isso pode ser explicado pelo fato de que com menos indivíduos ao redor das árvores sobreviventes a competição por nutrientes e espaço diminui, podendo assim apresentar valores de DAP maiores e, ao mesmo tempo demonstra que alguns indivíduos remanescentes não se desenvolveram bem, justificando assim os valores baixos de DAP no mesmo tratamento, o que pode demonstrar que as espécies dos tratamentos com essa problemática não seriam as melhores indicações para esse sítio.

Analisando a *M. caesalpiniiifolia* se pode observar que a espécie se adaptou muito bem ao sítio e que sua amplitude se apresentou estável entre os espaçamentos diferentes, o que demonstra que não houve diferença nesse aspecto. Além disto, é uma espécie que apresenta como característica o variado número de fustes por indivíduo, influenciando nos valores citados (Tabela 5), já que quanto mais fustes o indivíduo apresentar menor são seus valores de DAP's.

Já a *A. indica* apresentou diferença entre os dois espaçamentos quanto a amplitude entre os diâmetros. No espaçamento 2,0 m x 2,0 m, foi encontrada a diferença de 4,80 cm entre o diâmetro mínimo e o máximo. Já no tratamento com espaçamento 3,0 m x 2,0 m, foi encontrado o valor de 7,50 cm na amplitude. Como os valores de sobrevivência são bem próximos, é possível que o espaçamento tenha relevância no desenvolvimento dessa espécie e influencie diretamente no crescimento em diâmetro.

4.3 – ALTURA

As estatísticas descritivas para altura estão na tabela 8.

Tabela 8. Valores de altura mínima, média e máxima (m) por tratamento.

Tratamentos	Espécies	Espaçamentos	Alturas mínimas	Alturas máximas	Alturas médias
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	7,80	13,90	10,87
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	6,70	12,90	10,15
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	8,20	11,60	10,23
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	6,65	11,60	9,85
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	7,80	13,40	10,92
T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	3,40	11,60	8,50
T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	5,00	14,20	9,62
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	5,08	10,36	8,01
T16	Sabiazeira	3,0 m x 2,0 m	2,50	7,95	5,67
T17	Nim indiano	3,0 m x 2,0 m	2,30	5,17	3,90
T18	Sabiazeira	2,0 m x 2,0 m	3,50	6,80	5,36
T19	Nim indiano	2,0 m x 2,0 m	2,12	4,60	3,56

Entre os eucaliptos, o *C. citriodora* apresentou os menores valores de altura tanto no espaçamento 3,0 m x 2,0 m com 3,40 m, como no espaçamento 2,0 m x 2,0 m com 5,08 m de altura. O *E. urophylla* com espaçamento 2,0 m x 2,0 m também apresentou altura mínima próxima aos supracitados com 5,00 m de altura. Já o *E. urophylla* apresentou os maiores valores de altura tanto no espaçamento 3,0 m x 2,0 m com 13,40 m, como no espaçamento 2,0 m x 2,0 m com 14,20 m de altura. O clone 0321 com espaçamento 3,0 m x 2,0 m apresentou altura máxima de 13,90 m de altura. É possível observar que o *E. urophylla* do tratamento com espaçamento 2,0 m x 2,0 m aparece como a espécie com menor e maior altura o que mostra a grande amplitude dentro dessa variável; Este comportamento pode ter sido causado pela má adaptação da espécie as condições de sítio e a mortalidade de alguns indivíduos, fazendo com que abrisse espaços vazios no meio e entre as parcelas causando comportamentos variados de crescimento dos indivíduos.

As alturas médias nos tratamentos com *Eucalyptus spp.* variaram entre 8,01 m com *C. citriodora* no espaçamento 2,0 m x 2,0 m e 10,92 m com o *E. urophylla* com espaçamento 3,0 m x 2,0 m. Realizou-se uma ANOVA para verificar se haviam diferenças significativas entre as médias (Tabela 9).

Tabela 9. Análise da variância para a altura média dos tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	11	253,41414	23,03765	25,9694 **
Resíduos	29	25,72610	0,88711	
Totais	40	279,14024		

Constatadas diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey para identificar as diferenças existentes entre médias (Tabela 10).

Tabela 10. Classificação da altura média pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.

Tratamento	Espécie	Espaçamento	Altura média	
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	10,92	a
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	10,87	ab
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	10,23	abc
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	10,15	abc
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	9,85	abc
T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	9,62	abc
T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	8,50	bc
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	8,01	cd
T16	Sabiazreira	3,0 m x 2,0 m	5,67	de
T18	Sabiazreira	2,0 m x 2,0 m	5,36	e
T17	Nim indiano	3,0 m x 2,0 m	3,90	e
T19	Nim indiano	2,0 m x 2,0 m	3,56	e

CV% = 11,46

Entre os tratamentos de eucaliptos, os que apresentaram maiores médias de altura foram *E. urophylla* com 10,92 m no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 9,62 m no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. O clone 0321 com 10,87 m (3,0 m x 2,0 m), 10,23 m (2,0 m x 2,0 m) e o clone 2361 com 10,15 m (3,0 m x 2,0 m) e 9,85 m (2,0 m x 2,0 m) não apresentaram diferenças entre si. O *C. citriodora* apresentou os piores valores entre os eucaliptos, com 8,50 m (3,0 m x 2,0 m) e 8,01 m (2,0 m x 2,0 m), o que demonstra a má adaptação da espécie as condições do sítio.

Morais (2006) encontrou em plantio de *Eucalyptus sp.* com 5 anos de idade no espaçamento 3,0 m x 2,0, altura média de 21,41 m na região de Vazante-MG. Já Simões et al. (1980), encontrou em experimento com *E. urophylla* instalado na cidade de Itupeva-SP, com espaçamento 3 m x 2 m altura de 18,53 m. Marcolino (2010) trabalhando com 13 clones de *Eucalyptus sp.*, em experimento instalado em Mogi-Guaçu-SP, com 4 anos de idade e espaçamento 3 m x 2 m, encontrou valores de altura que variaram 18,04 m e 21,74 m. Já Reiner et al. (2011), com

plântio de *E. dunnii* no terceiro ano de experimento em Pato Branco-PR, em espaçamento 2 m x 2 m encontrou altura média de 9,55 m e em espaçamento 3 m x 2 m altura de 10,24 m. É possível avaliar que os eucaliptos utilizados nesse experimento não apresentaram um bom desempenho na variável altura, provavelmente devido às condições climáticas da região em que foram inseridos, já que a mesma tem como características baixa umidade, baixa frequência de precipitação e clima seco e quente, diferente dos trabalhos utilizados para comparação, nos quais estão instalados em áreas com uma maior frequência de chuvas e um ambiente mais úmido e propenso a seu desenvolvimento.

A *M. caesalpinifolia* apresentou como altura média 5,67 m no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 5,36 m no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. Em condições do semiárido brasileiro, Ribaski et al. (2003), encontraram em espaçamento de 3x3m com 7 anos de idade, encontrou, em média 6,00 m de altura. Suassuna (sem data), em experimento na cidade de Igarassu-PE, com 6 anos de idade e espaçamento de 2,0 m x 2,0 m encontrou 5,60 m de altura média com incremento anual de 0,94 m. Carvalho (2004) em experimento realizado na cidade de Sobral-CE com *M. caesalpinifolia* controlando o número de fustes, com espaçamento de 2,0 m x 2,0 m, com 7 anos de idade encontrou 7,20 m (para tratamento com um fuste e controle das demais rebrotas), 7,00 m (para tratamento com 2 fuste e controle das demais rebrotas), 6,80 m (para tratamento com 3 fuste e controle das demais rebrotas) e 6,20 m (para tratamento sem controle das rebrotas). Os valores médios de altura se apresentaram próximos aos demais experimentos comparados. É possível observar que o incremento médio anual da espécie é em torno de 1,00 m de altura.

O quesito espaçamento não demonstrou relevância nesse experimento, as diversas condições edafoclimáticas, e a quantidade de fuste por indivíduos não demonstraram ter influenciado o crescimento em altura. Porém, nos dados apresentados por Carvalho (2004), o número de fuste por árvore demonstrou ter influência no desenvolvimento em altura, sendo assim é possível submeter o sabiazeiro a um sistema de manejo de fuste para obter um maior controle da variação em volume.

Já a *A. indica* se apresentou com alturas médias de 3,90 m (3,0 m x 2,0 m) e 3,56 m (2,0 m x 2,0 m). Miranda (2014), com experimento instalado na cidade de Sorriso-MT, com espaçamento de 3,0 m x 2,5 m, encontrou aos 5 anos de idade altura de 6,34 m. Moreira et al. (2013), em experimento no semiárido paraibano, com *A. indica*, aos 11 anos de idade submetidos ao espaçamento 4,0 m x 4,0 m, encontrou altura média de 6,0 m. Ao comparar esses experimentos entre si é possível observar que os fatores edafoclimáticos tem relevância no desenvolvimento da altura das árvores, o experimento instalado em uma área com clima mais úmido e de maior precipitação, superior a 2000 mm por ano (Sorriso-MT), apresentou a mesma altura do experimento em Campina Grande, com a metade do tempo de experimento. Em Campina Grande a precipitação média anual é de 650 mm. Comparando esse experimento (São Bento do Una com precipitação média anual de 653 mm) com o de Campina Grande o incremento em altura foi levemente superior, o incremento médio anual foi de 0,78 m no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 0,71 m no espaçamento 2,0 m x 2,0 m enquanto no de Campina Grande o incremento foi de 0,55 m, já o de Mato Grosso apresentou incremento médio de 1,27 m de altura.

Apesar de cada espécie não apresentar diferença estatística entre os espaçamentos é possível observar que as espécies plantadas nos espaçamentos mais amplos apresentaram valores maiores de altura em relação ao outro espaçamento, sugerindo assim que tendo mais espaço elas se desenvolveram mais em altura, corroborando assim com os resultados encontrados por Reiner (2011), o mesmo afirma que a altura segue um padrão e aumenta a medida que o espaçamento aumenta. Segundo Bernardo (2005), citado por Reiner (2011), afirma que apesar dos maiores valores de altura nos espaçamentos mais amplos, os valores médios de altura diminuem com o passar do tempo em razão do número de árvores dominadas. Já Berger et al. (2002), não notaram diferença significativa no crescimento em altura com o aumento do espaçamento.

É possível observar nos trabalhos da área florestal certa controvérsia quanto aos reflexos sobre a altura das árvores em seu desenvolvimento, havendo casos em que ocorre aumento da altura em espaçamentos maiores e outros em que o comportamento é inverso. Mas dentro do ocorrido nesse experimento é

possível induzir que, tais desenvolvimentos em espaçamentos maiores, deva-se a concorrência na fase inicial de implantação do povoamento, fazendo com que os indivíduos se destaquem em altura e, posteriormente, com a morte das árvores concorrentes, as sobreviventes só mantenham o desempenho devido ao menor efeito da competição por água, luz e nutrientes.

Em busca de um aprofundamento concernente a relação entre altura e o espaço de desenvolvimento de cada indivíduo arbóreo, fez-se uma relação entre a amplitude de alturas dentro de cada tratamento e se comparou com a sobrevivência dos mesmos, o que pode ser visualizado na figura 4.

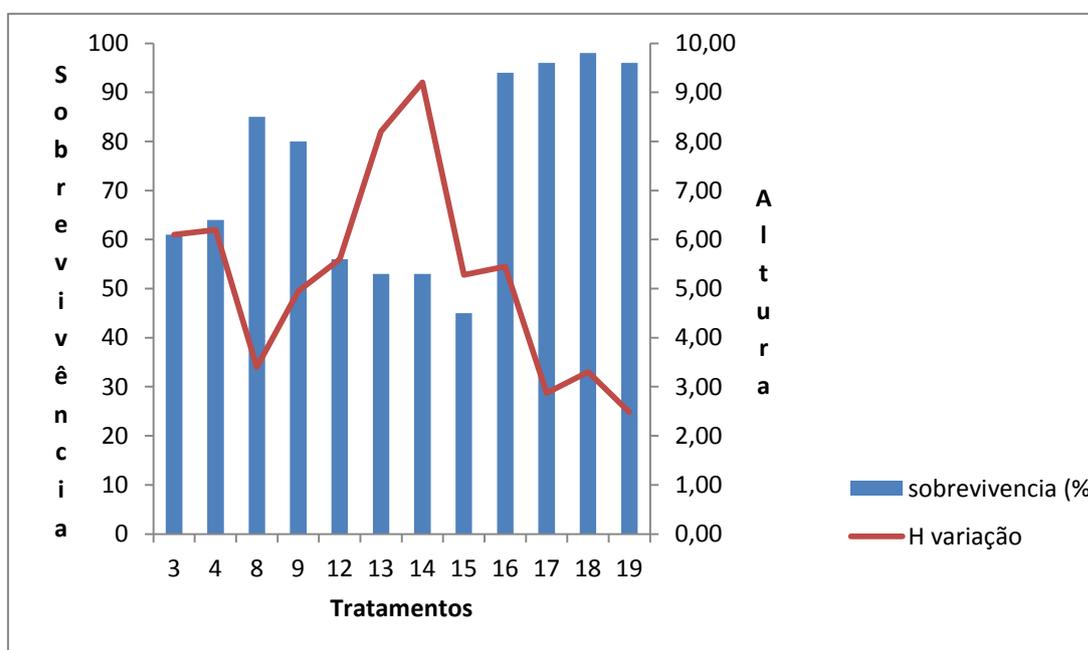


Figura 4. Gráfico de sobrevivência e amplitude entre altura mínima e máxima dos tratamentos.

É possível observar o mesmo comportamento encontrado no gráfico de diâmetro, à medida que a sobrevivência aumenta a variação entre as alturas mínima e máxima diminui, mostrando que o desenvolvimento dos indivíduos é mais estável quando a densidade é maior. Isto é justificado pelo fato de que com menos indivíduos ao redor das árvores sobreviventes a competição por nutrientes e espaço diminui, podendo assim apresentar valores de altura maiores e, ao mesmo tempo demonstra que alguns indivíduos remanescentes não se desenvolveram bem, justificando assim os valores baixos de altura no mesmo

tratamento, o que demonstra que tais espécies não seriam indicadas para essas condições edafoclimáticas.

4.4 – VOLUME

Com o cálculo de volume com casca obtido por meio da cubagem rigorosa foi possível estimar os valores de m³/ha de cada tratamento (Tabela 11).

Tabela 11. Descrição dos tratamentos usados no experimento com seus respectivos volumes (m³/ha).

Tratamentos	Espécies	Espaçamentos (m)	Volumes (m ³ /ha)
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	47,50
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	39,55
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	79,19
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	63,65
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	53,89
T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	34,29
T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	49,40
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	32,76
T16	<i>M. caesalpinifolia</i>	3,0 m x 2,0 m	37,60
T17	<i>A. Indica</i>	3,0 m x 2,0 m	18,96
T18	<i>M. caesalpinifolia</i>	2,0 m x 2,0 m	36,22
T19	<i>A. Indica</i>	2,0 m x 2,0 m	20,59

Em seguida, os valores encontrados, foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) para descobrir se há diferença significativa entre a produtividade dos tratamentos (Tabela 12). Foram constatadas diferenças altamente significativas entre os volumes por m³/ha.

Tabela 12. Análise da variância do experimento em termos de volume (m³/ha).

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	11	10759,15792	978,10527	5,2608 **
Resíduos	29	5391,79597	185,92400	
Totais	40	16150,95390		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

Aplicando o teste de comparação de médias Tukey é possível visualizar os melhores tratamentos, as informações estão descritas na Tabela 13.

Tabela 13. Classificação das médias volumétricas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades.

Tratamentos	Espécies	Espaçamentos	Volumes (m ³ /ha)	
T8	Clone 0321	2,0 m x 2,0 m	79,19	a
T9	Clone 2361	2,0 m x 2,0 m	63,65	ab
T12	<i>E. urophylla</i>	3,0 m x 2,0 m	53,89	abc
T14	<i>E. urophylla</i>	2,0 m x 2,0 m	49,39	abc
T3	Clone 0321	3,0 m x 2,0 m	47,49	abc
T4	Clone 2361	3,0 m x 2,0 m	39,54	bc
T16	<i>M. caesalpinifolia</i>	3,0 m x 2,0 m	37,60	bc
T18	<i>M. caesalpinifolia</i>	2,0 m x 2,0 m	36,22	bc
T13	<i>C. citriodora</i>	3,0 m x 2,0 m	34,29	bc
T15	<i>C. citriodora</i>	2,0 m x 2,0 m	32,76	bc
T19	<i>A. indica</i>	2,0 m x 2,0 m	20,59	bc
T17	<i>A. indica</i>	3,0 m x 2,0 m	18,96	c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos com volume produzido de madeira superior a 60 m³/ha foram os clones 0321 (*E. grandis* x *E. urophylla*) e clones 2361 (híbrido sem identificação) com o espaçamento 2,0 m x 2,0 m que apresentaram 79,195 e 63,653 m³/ha respectivamente. Estatisticamente não houve diferença entre os clones 0321 nos espaçamentos 2,0 m x 2,0 m e 3,0 m x 2,0 m, *E. urophylla* nos espaçamentos 2,0 m x 2,0 m e 3,0 m x 2,0 m e o Clone 2361 no espaçamento 2,0 m x 2,0 m. A *M. caesalpiniiifolia* apresentou uma produtividade média de 36 m³/ha estando próximo aos encontrados no *C. citriodora* e ao clone 2361 no espaçamento 3 m x 2 m. As piores produtividades do experimento foram da *A. indica* com 20,59 m³/ha e 18,96 m³/ha. Os tratamentos com *E. urophylla*, *C. citriodora* e *M. caesalpiniiifolia* apresentaram maiores produções volumétricas em espaçamento 3,0 m x 2,0 m e menor no espaçamento 2,0 m x 2,0 m, contrariando o que normalmente ocorre em plantios florestais que apresentam maiores densidades populacionais. Geralmente, encontram-se maiores volumes por área em menores espaçamentos, apesar do volume de cada árvore ser menor do que em menores densidades, já que cada indivíduo tem menos espaço para se desenvolver (REINER et al., 2011). Porém é possível observar que à medida que a sobrevivência diminui a produtividade por hectare também diminui, assim como o oposto também é válido e pode ser melhor visualizado no gráfico da (Figura 5).

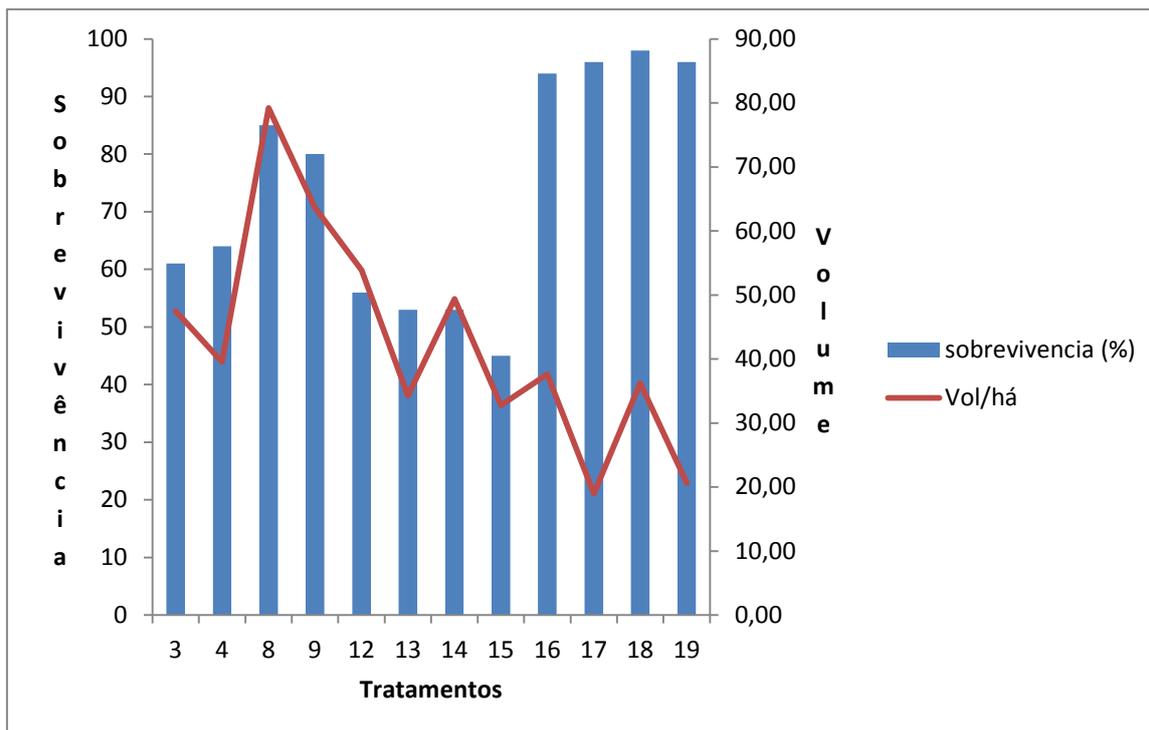


Figura 5. Gráfico de sobrevivência e produtividade dos tratamentos por hectare, pertencentes ao experimento de São Bento do Una – PE.

Reiner et al. (2011) encontrou, em estudos com *Eucalyptus dunnii*, aos 3 anos de idade, no Sudoeste do Paraná, valores de 143,69 m³/ha, 104,5 m³/ha e 68,55 m³/ha em espaçamentos de 1,5 m x 1,5 m, 2 m x 2 m e 3 m x 3 m respectivamente. Já Rensi Coelho et al. (1970), comparando 4 espécies de eucaliptos com espaçamentos 3,0 m x 1,5 m e 3,0 m x 2,0 m aos 5 anos de idade em Itupeva – SP, encontraram valores que variaram entre 185,27 m³/ha e 247,26 m³/ha e para o primeiro espaçamento e entre 186,12 m³/ha e 231,35 m³/ha para o segundo, ambos os casos supracitados foram em condições de umidade, clima e precipitação mais favoráveis ao crescimento das árvores.

Em situações meteorológicas mais próximas as encontradas nesse experimento, no semiárido pernambucano, Gadelha et al. (2012), em experimento na região do Araripe, Sertão pernambucano, encontrou uma produtividade aos 7,5 anos com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, variando de 132,20 à 164,89 m³/ha com incrementou IMA de 20,23 m³/ha. Drumond et al. (2009) encontrou em experimento na mesma cidade com clones de *E. brassiana* x *E. urophylla* aos 18 meses de idade apresentaram incrementos de 17,86 m³/ha/ano e 14,13 m³/ha/ano

em híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* submetidos a espaçamento 3,0 m x 2,0 m. Rocha (2012), no Polo Gesseiro do Araripe com clones de *Eucalyptus* spp. aos 7,5 anos de idade e espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, encontrou incremento médio anual de 29,68 m³/ha no melhor clone que é um híbrido de *E. urophylla* (cruzamento natural).

Segundo dados da Embrapa Semiárido (DRUMOND, 2006) com eucaliptos plantados no espaçamento 3,0 m x 2,0 m, no município de Petrolina, Pernambuco, os melhores incrementos médios anuais foram de 16,2 m³/ha com *Eucalyptus crebra* e 10,3 m³/ha com *Eucalyptus tereticornis* aos 7 anos de idade e em Trindade, os incrementos foram de 24,2 e 23,4 m³/ha com as mesmas espécies, respectivamente.

Com um incremento médio anual de 7,52 m³/ha para o espaçamento 3,0 m x 2,0 m e 7,24 m³/ha para o espaçamento 2,0 m x 2,0 m, a *Mimosa caesalpiniiifolia* apresentou incremento próximo aos encontrado por Ribaski et al. (2003), em região subúmida do Nordeste, onde o volume médio foi 46,5 m³/ha em plantações com 6 anos de idade em espaçamento 2,0 m x 2,0 m, o que corresponde a um incremento médio anual de aproximadamente 7,70 m³/ha. Já Suassuna (sem data) encontrou em plantio de *M. caesalpiniiifolia* com 6 anos e espaçamento 2,0 m x 2,0 m, encontrou incremento médio anual de aproximadamente 7,75 m³/ha.

Carvalho (2004) avaliou a produtividade de madeira de *M. caesalpiniiifolia* com manejo de fustes, limitando a quatro fustes por árvore e cortando as sobressalentes na fase inicial do experimento, separando-os por tratamentos, com variação entre 1, 2, 3 e 4 ou mais, o mesmo encontrou como produtividade volumétrica valores aproximados entre 15,96 m³/ha à 40,11 m³/ha com a maior taxa de incremento anual chegando a 5,72 m³/ha.

Barros et al. (2010) em experimento com espécies nativas e exóticas, na região do Araripe, encontrou no plantio de *M. caesalpiniiifolia*, no espaçamento 3 m x 2 m, encontrou produtividade de 52,28 m³/ha com 6,5 anos de idade, o que equivale a um IMA de aproximadamente 8,00 m³/ha.

Em estudos realizados pela EMPARN (2009), com ciclo de corte de 9 anos, foi encontrado em ambientes de semiárido registros que variaram de 36,20 m³/ha à 47,20 m³/ha no espaçamento 2,0 m x 2,0 m e 25,00 m³/ha à 46,80 m³/ha no espaçamento 3,0 m x 2,0 m. Em áreas do litoral úmido esses valores chegam a 197 m³/ha e 155,70 m³/ha nos respectivos espaçamentos, o que mostra claramente que o crescimento da espécie está diretamente relacionado com as condições climáticas do local, principalmente, aos fatores precipitação e umidade.

A *Azadirachta indica* apresentou incremento médio anual de 4,11 m³/ha no espaçamento 2,0 m x 2,0 m e 3,79 m³/ha no espaçamento 3,0 m x 2,0 m aos 5 anos. Estes valores são próximos aos encontrados por Moreira et. al. (2013), em São José de Espinharas, no Sertão paraibano, que encontrou incremento médio de 4,57 m³/ha com espaçamento 5,0 m x 5,0 m e 13 anos e 5,57 m³/ha em plantio com espaçamento 4,0 m x 4,0 m com 11 anos de idade. Já Araújo (1999), em plantio realizado na CNPAF-EMBRAPA (GO), encontrou uma produção volumétrica de 15,52 m³/ha, com idade um pouco maior que 4 anos, o que mostra que a produção de madeira foi maior em ambos os espaçamentos nesse experimento 20, 59 e 18,96 m³/ha.

Se comparado a um cenário internacional, utilizando espaçamento de 2,4 m x 2,4 m, o incremento médio anual foi bem inferior. Na Nigéria e Uganda a produtividade encontrada alcança a marca de 20 m³/ha. Em Gana a produção varia entre 13 e 17 m³/ha, esses plantios objetivam a produção de madeira para fins energéticos, assim como este trabalho (KOUL et al., 1990).

É possível destacar a diferença de clima entre as localidades, em São Bento do Una, onde o experimento foi realizado, a temperatura média anual é de 22° C e pluviosidade média anual de 653 mm. No experimento da Embrapa (GO), a temperatura média anual é de 22,5°C e precipitação média de 1489 mm. Já no experimento de São José de Espinharas a precipitação média é de 650 mm e a temperatura média anual é de 28°C. Apesar da variação de temperatura e precipitação entre as localidades é possível observar que o crescimento não é afetado já que os valores encontrados são próximos as demais, confirmando o que foi expresso por Neves (2004), que a *A. indica* consegue se desenvolver bem

e se destacar entre a faixa de 400 à 750 mm/ano e que ainda consegue ser competitiva até a faixa de 1000-1200 mm/ano. O mesmo sugere como temperatura média anual adequada entre 21 e 32 °C. Quanto aos incrementos volumétricos médios anuais, afirma-se que geralmente estão compreendidos entre 5 e 9 m³/ha e que podem alcançar 19 m³/ha.

5.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as condições em que foi realizado o experimento com *Eucalyptus spp.*, pode-se concluir que:

- Os clones apresentam diferenças entre si, em relação à sobrevivência, o DAP e produtividade por hectare.
- O DAP sofre influencia do espaçamento. Os plantios no espaçamento 3,0 m x 2,0 m apresentaram maiores valores do que os plantios no espaçamento 2,0 m x 2,0 m.
- A altura se mostrou uma variável mais homogênea entre os clones de *Eucalyptus spp.*
- O *C. citriodora* apresentou o pior desempenho em todos os aspectos avaliados.
- O *E. urophylla* apresentou um bom desempenho em altura, DAP e volume por hectare, porém apresentou sobrevivência inferior a 60%.

Considerando as condições em que foi realizado o experimento com *Mimosa caesalpiniiifolia*, pode-se concluir que:

- A taxa de sobrevivência foi muito alta, sendo uma espécie indicada para as condições encontradas no Agreste Meridional de Pernambuco.
- A altura se mostrou constante em ambos os espaçamentos e com mesmo desempenho quando comparado com outros experimentos.
- A variável DAP é influenciada pela quantidade de fuste de cada indivíduo, sugerindo-se um controle de brotação para se obter mais homogeneidade em seu crescimento.
- Apresentou boa produtividade por hectare, superando a do *C. citriodora*.

Considerando as condições em que foi realizado o experimento com *Azadirachta indica*, pode-se concluir que:

- Apresentou a melhor taxa de sobrevivência entre todos os tratamentos.
- Seu desempenho em DAP, altura e produtividade volumétrica são muito baixos, nas condições desse experimento.

- Segundo literatura consultada, recomenda-se um ciclo de corte maior com espaçamento mais amplo.
- Entretanto, nas condições do Agreste Meridional de Pernambuco, bem como nos espaçamentos testados, não se recomenda o plantio de *A. indica* com finalidades energéticas.
- A taxa de sobrevivência tem grande influencia na amplitude das variáveis dendrométricas. Quanto maior a sobrevivência maior será a homogeneidade no crescimento dos indivíduos em determinada área.
- Os clones 0321 e 2361, e a *M. caesalpinifolia* reúne melhores condições para se desenvolver em áreas sujeitas a restrições hídricas, como as que se verificam nas características edafoclimáticas de São Bento do Una-PE.

6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012** / ABRAF, Brasília, 2013. 142p.

ACTION, Portal. Teste de Kolmogorov-Smirnov. acessado em outubro de 2014. Acessível:

<http://www.portalaction.com.br/content/62-teste-de-kolmogorov-smirnov>

AGUIAR, G. R. **Polo Moveleiro de João Alfredo, Pernambuco: Uma análise a luz do modelo de Clusters**. 2005. 114p. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

ANDRADE, E.N. de. **Manual do plantador de Eucalyptos**. Typ. Brazil de Rothschild & Co, 1911, 339 p.

ANDRAE, F. H. **Ecologia florestal**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1978, 230p.

ARAÚJO, L. C.V. **Características silviculturais e potencial de uso das espécies Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e Nim Indiano (*Azadirachta indica* A. Juss): Uma alternativa para o semi-árido paraibano**. Piracicaba, 1999, 126p. Dissertação. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ - Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

ARAÚJO, L. V. C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Scientia Forestalis**, n.57, p.153-159, 2000.

ARAÚJO, L. V. C.; PAULO, M.C.S.; PAES, J.B. Características dendrométricas e densidade básica da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) de duas regiões do estado da Paraíba. **R. Caatinga**, v.20, p.89-96, 2007.

BARBOSA, W. B. **Demanda da biomassa florestal e a problemática ambiental associada à extração vegetal: Abordagem no Polo de Confecções do**

Agreste Pernambucano. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

BARROS, B.C. et al., Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no Polo Gesseiro do Araripe, PE., **Ciência Florestal**, Vol. 20, No. 4, Oct-Dec, 2010, pp. 641-647.

BERGER, R.; da et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BRAID, E. C.; Importância Socioeconômica dos recursos florestais do Nordeste do Brasil. In: I Seminário Nordestino sobre a Caatinga. João Pessoa, PB. P. 9-16, 1996.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2013:** ano base 2012. EPE: Rio de Janeiro, 2013, 147 p.

BRITO, J. O. **O Uso Energético da Madeira.** Estudos Avançados, v. 21, n 59, p. 185-193, 2007.

CAMPELLO, F.B.; GARIGLIO, M.A.; SILVA, J.A.; LEAL, A.M.A. Diagnóstico Florestal da Região Nordeste. In: Boletim Técnico – IBAMA. Brasília: DF, 1999. 20p.

CARVALHO, F. C. et al. Manejo *in situ* do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) para produção simultânea de madeira e forragem, em um sistema silvipastoril. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p. 121-129, 2004.

CLUTTER, J. L.; JONES-JR, E. P. Predictions of growth after thinning in old-field slash Pine plantations. **Forest Service Research Paper**, Asheville, NC, 14 p, 1980.

COUTO, L.; MÜLLER, M.D.; TSUKAMOTO FILHO, A.A. **Florestas plantadas para energia: aspectos técnicos e socioeconômicos.** Departamento de Engenharia Florestal, UFV, Viçosa, 2002, 13 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São Bento do Una, estado de Pernambuco.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 12 p.

DRUMOND, M. A. **Reflorestamento na região semiárida do Nordeste brasileiro.** Embrapa, Petrolina, 2006, 34 p.

DRUMOND, M. A. et al., **Efeito do Espaçamento sobre o Desenvolvimento Inicial de Híbridos de Eucalyptus na Chapada do Araripe, Pernambuco.** Documento Digital, Embrapa Semiárido, 2009, 4p.

ELDRIDGE, K.; et al. Eucalypt domestication and breeding. **Oxford University Press**, New York, 288 p, 1993.

EMBRAPA. Sabiá: *Mimosa caesalpinifolia*. **Circular técnico 135**, Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2007, 10p.

EMPARN, Dados divulgados no site da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2009. Acessível: <<http://www.emparn.rn.gov.br/>> acessado em janeiro de 2014.

FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamento e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v.7, n.26, p.13-23, jun.1976.

GADELHA, F. H. et al., Rendimento Volumétrico e Energético de Clones de Híbridos de *Eucalyptus* Sp. no Polo Gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, V. 22, N. 2, P. 331-341, Abr.-Jun., 2012.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira.** 2008. 195 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 2000.

IBM, SPSS software estatístico, 2014 disponível em :

< <http://www.dmss.com.br/teste/dmss/software/statistics/index.html>>

IPEF. Fibra. Jornal da Cenibra, n. 217, São Paulo, Nov. 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/eucaliptoegua.asp>>. Acesso em: 22 de mar. 2010.

IPHAN. Mestres artífices de Pernambuco: **Caderno de Memórias**. 192 p., Brasília, DF, 2012.

KOUL, O.; ISMAN, M.B.; KETKAR, C.M. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. **Canadian Journal of Botany**, v.68, n.1, p.1-11, 1990.

LADEIRA, B. C. et al. Produção de biomassa de eucalipto sobre três espaçamentos em uma sequência de idade. Viçosa, **Revista Árvore**, v.2, n.3, p. 313-321, 1997.

LELES, P. S. dos S. et al., Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região do cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n.59, p. 77-87, 2001.

LIMA, P.C.F. **Comportamento silvicultural de *Azadirachta indica* A. Juss. (Neen) no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 1998. 4p. (Pesquisa em andamento, 89).

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. (Organizadores). **As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. RiMa Editora, 2006, 226p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. v.1. 351p.

MACEDO, R. L. G. et al., Potencial de Estabelecimento de clones de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Seringueira) introduzidos em sistemas agroflorestais com *Bertholletia excelsa* Hump & Bompl (Castanheira-do-Brasil) em Lavras-MG, In: Congresso Internacional sobre Florestas, 2000, Porto Seguro-BA. Anais. Rio de Janeiro: Biosfera, 2000, p. 159-161.

MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: A. Figueiredo Filho, 309p, 2003.

MARCOLINO, L. **Crescimento de clones de Eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo**. 2010, 36f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MELLO, H. A.; SIMÕES, J. A.; SORR, J. M. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, v.13, p.143-62, 1976.

MIRANDA, D. L. C.; KELM, V.; SANTOS, J. de P. Crescimento de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) em plantio puro e consorciado no Norte de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 01, p. 37-41, 2014.

MOURA, V. P. G.; OLIVEIRA, J. B.; VIEIRA, V. M. Avaliação de Procedência de *Eucalyptus brassiana* S. T. Blake em Planaltina, Distrito Federal, Área de Cerrado. **IPEF**, n. 48/49, p. 87-97, 1995.

MORA, A. L.; GARCIA, C.H. A cultura do Eucalipto no Brasil. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Silvicultura**, 112p.,2000.

MOREIRA, F. T. de A. et al., **Características dendrométricas de um povoamento de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) no semiárido paraibano**, Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL), v. 7, n. 3, p. 127 - 132, jul-set, 2013.

MORAIS, V. de M. **Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais**. 2006, 76f. 36f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras.

NEVES, E. J. M. Importância dos fatores edafo-climáticos para o uso do nim (*Azadirachta indica* A. Juss) em programas florestais e agroflorestais nas diferentes regiões do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 49, p. 99-107. 2004.

NEVES, E. J. M., CARPANEZZI, A. A. **Prospecção do cultivo do nim (*Azadirachta indica*) no Brasil, Dados eletrônicos.** - Colombo: Embrapa Florestas, 2009, 34 p.

NOVAES, A. B. de et al., Desempenho de Espécies de *Eucalyptus spp.* na Região Semi-árida do Planalto da Conquista na Bahia, Brasil. **Ciência e Investigación Forestal**, v. 13, n. 3, p. 405-410, Chile, 2007.

PAES, B. J. et al., Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, edição especial, p. 751-758, 2011.

PAIVA, H.N. et al., **Cultivo de eucalipto: Implantação e Manejo.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011, 354 p.

PASSOS, M. A., TAVARES, K. M. P., ALVES, A. R. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 2, núm. 1, 2007, p. 51-56

PATIÑO-VALERA, F. Interação genótipo x espaçamento em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, SP, v. 39, n. 2, p. 5-16, 1988.

PEREIRA, F. C. et al., Recuperação de Nascentes com Sábida (*Mimosa caesalpinifolia*, BENTH) Fabaceae no Agreste Paraibano. **In: Congresso Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação**, 2012, Fortaleza-CE. Anais. Fortaleza-CE, 2012, 5p.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso de eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Synergismus scyenifica**, v.6 (1) UTFPR, Pato Branco, 2011, 7 p.

RENSI COELHO, A. S; MELLO H. A. e SIMÕES J. W. Comportamento de Espécies de Eucaliptos Face ao Espaçamento. **IPEF**, n.1, p.29-55, 1970.

REUKEMA, D. L.; BRUCE, D. **Effects of thinnings on yield of Douglas fir.** USDA Forest Service – Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station. General Thechnical Report, PNW 58. 36p. 1977.

RIBASKI, J. et al. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*):** árvore de múltiplo uso no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 104).

ROCHA, K. D. da. **Produtividade volumétrica de clones de *Eucalyptus* spp. na região do Polo Gesseiro do Araripe.** 2012. 110p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SÁ, J. A. G. M. **Avaliação do estoque lenhoso do Sertão e Agreste Pernambucano. Inventário Florestal do Estado de Pernambuco.** SECTMA, Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007/GOVERNO DE PERNAMBUCO. 1998, 76 p.

SALES, F. das C. V. **Comparação de modelos volumétricos e seleção de clones e espécies de *Eucalyptus* em diferentes densidades populacionais no Agreste Meridional de Pernambuco.** 2013. 69 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. **Embrapa.** Colombo, Junho, 2001, 20 p.

SANTOS, G. A.; XAVIER, A.; LEITE, H. G. Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis* em relação às árvores matrizes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 737-747, 2006.

SANTOS, J.G.D. **Riqueza de fungos micorrízicos arbusculares no solo e o crescimento inicial de espécies arbóreas nativas.** 2008. 80f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008b.

SANTOS E SILVA, F. A. **ASSISTAT versão 7.7 beta (pt)**, DEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande, PB, Brasil, 2014.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. **Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla***. Scientia Forestalis, n. 63, p. 32-43, jun. 2003

SCOLFORO, J. R. **Mensuração Florestal**: Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. Lavras, UFLA/FAEPE, p. 451, 1998.

SEGURA, M. L. A evolução da matriz energética brasileira: O papel dos biocombustíveis e outras fontes alternativas. **In**: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XV, n. 96, janeiro 2012. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11039>.

Acesso em abril 2014.

SILVA, C. M.; NASCIMENTO, H. R.; ABREU, Y. V. Panorama da biomassa florestal primária no Brasil. **In**: ABREU, Y. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; GUERRA, S. M. G. (Org.). Energia, Sociedade e Meio Ambiente. Palmas: EUMED.NET, 2010, 175 p.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Polo Gesseiro de Pernambuco. **Anais da Academia de Ciências Agrônômica**. v. 5 e 6, p. 303-319, 2008-2009.

SILVA, J. A. A da.; SILVA, I.P. **Estatística Experimental aplicada à Ciência Florestal**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1995, 269 p.

SILVA, J. C. Cresce presença do eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 92, p. 61-66, out. 2005

SILVA, J. F. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e sua interação com espaçamentos**. 1990. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia Florestal**, 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 178p, 2005.

SIMÕES, J. W. et al., Crescimento e Produção de Madeira de Eucalipto. 2008, **IPEF**, n.20, p. 77-97, 1980.

SIQUEIRA, E. R. de, et al., Comportamento inicial de espécies florestais exóticas na Região da mata atlântica de Sergipe. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.L, p.13-17, 2002.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G. Predição da produção de madeira de eucalipto em região com alta variabilidade pluviométrica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 58, p. 41-48, 2000.

SOARES, C.R.S.S.; CARNEIRO, M.A.C.C. Micorrizas Arbusculares na recuperação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N. & TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras, UFLA, p.441-474, 2010

STAPE, J.L. et al., Leaf area duration in natural range and exotic *Pinus taeda*, **Canadian Journal of Forest Research**, v.20, n.2, p. 224-234, 2010.

SUASSUNA, J. **Contribuição para o cálculo de volume do sabiazeiro (*Mimosa caesalpinhiifolia* Benth)**. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=739&Itemid=717>. Acesso em: 23 abr. 2013.

SUZUKI, Natália (Jorn.). A Caatinga é um dos biomas mais ameaçados do Planeta. **Revista Eco-21**, Edição 114, Rio de Janeiro, Maio 2006.

TOLMASQUIM, M.T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos**, n.79, p. 47-69, 2007.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, p. 67-85, 2008.

VALE, A. B.; PAIVA, H. N. & FELFILI, J. M. Influência do espaçamento do sítio na produção florestal. **Boletim Técnico SIF**, n.4, 1982. 20 p.

VASCONCELLOS, G. F. B. **Biomassa: A eterna energia do futuro**. São Paulo: SENAC, 2002, 142 p.