

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

SANDRA TERESA BORBA PORFÍRIO

**PRODUTIVIDADE DE UM CLONE DE *Eucalyptus urophylla* EM FUNÇÃO DO
ESPAÇAMENTO NA REGIÃO DO POLO GESSEIRO DO ARARIPE**

**RECIFE-PE
2018**

SANDRA TERESA BORBA PORFÍRIO

**PRODUTIVIDADE DE UM CLONE DE *Eucalyptus urophylla* EM FUNÇÃO DO
ESPAÇAMENTO NA REGIÃO DO POLO GESSEIRO DO ARARIPE**

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

Orientador: PhD José A. Aleixo da Silva
Coorientador: Dr. Rodrigo Eiji Hakamada

**RECIFE-PE
2018**

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

P835p Porfírio, Sandra Teresa Borba
 Produtividade de um clone de *Eucalyptus urophylla* em função do
 espaçamento na região do Polo Gesseiro do Araripe / Sandra Teresa
 Borba Porfírio. – 2018.
 31 f.: il.

 Orientador: José Antônio Aleixo da Silva.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
 Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
 Departamento de Engenharia Florestal, Recife, BR-PE, 2019.
 Inclui referências.

 1. Florestas 2. Energia da biomassa 3. Regiões áridas 4. Engenharia
 Florestal I. Silva, José Antônio Aleixo da, orient. II. Título

CDD 634.9

SANDRA TERESA BORBA PORFÍRIO

**PRODUTIVIDADE DE UM CLONE DE *Eucalyptus urophylla* EM FUNÇÃO DO
ESPAÇAMENTO NA REGIÃO DO POLO GESSEIRO DO ARARIPE**

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD José Antônio Aleixo da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Rute Berger
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Eliane Cristina Sampaio de Freitas
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**RECIFE-PE
2018**

AGRACEDIMENTOS

Sou grata à Universidade Federal Rural de Pernambuco, assim como a todos os seus servidores, desde os terceirizados até à reitora e vice-reitor, pelo trabalho prestado em prol desta universidade pública, especialmente a todos do Departamento de Ciência Florestal. Agradeço ao IPA de Araripina e seus funcionários pelo suporte prestado no mês de intensa coleta de dados na Estação Experimental. Gratidão à equipe de campo de Araripina, em especial a Wesley Lima, Leonardo Modesto, Aline Amorim, Aline Veloso e Nattan Tavares, meu ariano favorito, por terem feito desta a melhor viagem de campo.

Agradeço ao meu orientador, Prof. José Antônio Aleixo, por toda paciência e suporte, principalmente ao me convidar para conhecer a Estação Experimental do IPA na Chapada do Araripe, onde este trabalho se iniciou. Ao meu coorientador, Prof. Rodrigo Hakamada, que enxerga o potencial dentro de cada um de seus alunos e os ensina lições além da sala de aula. À diretora do DCFL, Prof. Rute Berger, por despertar em mim (sem nem saber) a paixão pelas florestas plantadas logo no primeiro período de curso e ao coordenador, Prof. Rafael Braz, pelas broncas compartilhadas.

Agradeço também a todas as grandes amigas que fiz na Universidade, em especial aos amigos de estágios e a todos os orientadores que já tive, inclusive à minha primeira orientadora, Dra. Ladivania Nascimento, que de longe comemorou cada conquista durante minha graduação e me ensinou a trabalhar sem parar. A todos os mestres que honraram a sua missão de educador e aos colegas de curso que viraram amigos de vida, como Jean, Lilian, Nattan, Bianka, Cassiano, Anderson, Jorge, Lucas, entre outros que tanto me apoiaram nessa fase final.

Agradeço a toda minha família pelo apoio prestado, mesmo recebendo de vocês o apelido carinhoso de “coala” por só viver entre os eucaliptos nos últimos anos. Por fim, agradeço aos meus pais, Ângela e Sandro, por serem meus alicerces em todos os sentidos imagináveis e por todo suporte emocional, moral, financeiro, educacional, entre outros, durante estes anos de graduação. A vocês, ao meu sobrinho Apolo e à minha falecida avó Zequinha, dedico todo o esforço deste trabalho, pois vocês são as pessoas mais importantes da minha vida.

A todos vocês o meu muito obrigada!

RESUMO

Estudos que se proponham a aumentar o banco de informações sobre comportamento da produtividade de clones do gênero *Eucalyptus* no Polo Gesseiro do Araripe são de grande importância para garantia do suprimento de recursos florestais de origem sustentável para as indústrias da região. Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes espaçamentos de plantio sobre as variáveis sobrevivência, volume individual, volume por área e incremento médio anual de um clone de *Eucalyptus urophylla* na região do Polo Gesseiro do Araripe, Araripina – PE. O experimento foi implantado em 2010 e está localizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) da Chapada do Araripe em Araripina – PE, é composto por 5 tratamentos (espaçamentos 2mx1m, 2mx2m, 3mx2m, 4mx2m e 3mx3m), com 4 repetições (parcelas) distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Para avaliar o comportamento da produtividade, análise de variância e teste de Tukey foram aplicados às seguintes variáveis: taxa de sobrevivência, volume individual, volume por área e incremento médio anual (IMA) em função dos diferentes espaçamentos. A taxa de sobrevivência não foi influenciada pelo espaçamento, enquanto o volume individual, o volume por área e o incremento médio anual de povoamento florestal do clone estudado sofreram influência. Os espaçamentos 3mx3m e 3mx2m contribuíram para melhor desempenho do volume individual e as médias desta variável se comportaram com tendência similar a toda literatura consultada, com exceção do espaçamento 4mx2m. As variáveis volume por área e incremento médio anual foram influenciadas pelo espaçamento somente ao se comparar os tratamentos 2mx1m e 4mx2m. Sendo assim, todos os espaçamentos foram estatisticamente semelhantes, com exceção do espaçamento 4mx2m. A baixa produtividade do híbrido (IMA médio de 12 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) pode ser explicada pelo déficit hídrico acentuado dos últimos anos. Ainda assim, o povoamento se mostra produtivo em relação às espécies nativas da Caatinga, o que indica a importância de investimento em plantios de espécies exóticas e em mais estudos sobre seu comportamento em função de outros fatores silviculturais.

Palavras chave: Silvicultura; Florestas energéticas; Semiárido.

ABSTRACT

Studies which the objective is to improve database about productivity behavior of *Eucalyptus* species in Araripe are very important to guarantee sustainable supply of forest resources for industries in this region. In this context, the objective of this study was to evaluate influence of different planting spacings in survival rate, volume per area, per tree and mean annual increment of *Eucalyptus urophylla* in the Araripe Region. The experiment was conducted in Pernambuco Agrarian Institute (IPA) in Araripina - PE. It was composed of 5 treatments (spacings 2mx1m, 2mx2m, 3mx2m, 4mx2m and 3mx3m), with 4 replications distributed in a completely randomized desing. To evaluate the productivity behavior, analysis of variance and Tukey test were applied to variables related to different planting spacings. The survival rate was not influenced by spacing, while the individual volume, volume per area and mean annual increment were influenced. The spacings 3mx3m and 3mx2m contributed to better values of individual volume and the averages of this variable has similar behavior to all studies seen in literature, except for 4x2m spacing. The variables volume per area and mean annual increment were influenced by spacing only when comparing treatments 2x1m and 4x2m. So, al treatment are statistic similar, except 4mx2m. The low productivity of this hybrid (IMA average $12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) could be explained by the water deficit in last years. Finally, forest still productive in relation to natural semi-arid species, which indicates the importance of investment in clonal stands in this area and in others studies about its behavior.

Keywords: Silviculture; Energy crops; Semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Estação Experimental da Chapada do Araripe em Araripina – PE.	17
Figura 2. Média pluviométrica mensal de 2002 a 2018 no município de Araripina – PE. .	18
Figura 3. Croqui do experimento original com três clones, cinco espaçamentos e quatro repetições na Estação Experimental da Chapada do Araripe, Araripina – PE.	18
Figura 4. Croqui da parcela com representação das árvores úteis analisadas na Estação Experimental da Chapada do Araripe em Araripina – PE.....	19
Figura 5. Médias de volume por indivíduo para os diferentes espaçamentos estudados submetidos ao Teste de Tukey a 5% de significância.	23
Figura 6. Médias de volume por área para os diferentes espaçamentos estudados submetidos ao Teste de Tukey a 5% de significância.	25
Figura 7. Gráfico de comparação da chuva anual acumulada para os anos de 2002-2009 e 2010-2017, correspondente aos anos de teste com <i>Eucalyptus</i> spp. em dois estudos na Estação Experimental da Chapada do Araripe, Araripina – PE.	26
Figura 8. Médias de incremento anual médio (IMA) para os diferentes espaçamentos estudados submetidos ao Teste de Tukey a 5% de significância.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados para o clone C39 (<i>E. urophylla</i>) na Estação Experimental da Chapada do Araripe em Araripina - PE.	19
Tabela 2. Análise de variância para o efeito de espaçamento de plantio sobre a taxa de sobrevivência.	22
Tabela 3. Análise de variância para o efeito do espaçamento de plantio sobre volume individual.	23
Tabela 4 Análise de variância para o efeito do espaçamento de plantio sobre volume total por área.	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Florestas energéticas de <i>Eucalyptus</i> spp.	13
3.2. Influência do espaçamento de plantio	14
3.3. Matriz energética do Polo Gesseiro do Araripe	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. Caracterização da área de estudo	17
4.2. Caracterização do experimento	18
4.3. Coleta de dados	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÕES	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A introdução de culturas arbóreas clonais e de rápido crescimento no semiárido pernambucano, assim como foi há décadas atrás para o Brasil, surgiu como alternativa de contenção da exploração sobre a vegetação nativa de Caatinga e de suprimento da demanda por recurso natural lenhoso, que aumenta progressivamente na região. As florestas secas atualmente exploradas, apesar de bastante degradadas, ainda são uma das maiores fontes energéticas no sertão, tanto para fins domésticos como, principalmente, para os arranjos industriais do interior do estado.

Por possuírem adaptação suficientemente adequada em diversos sítios por todo o Brasil, o cultivo de espécies e híbridos do gênero *Eucalyptus spp.* vem sendo estudado há alguns anos no extremo oeste do estado para ampla produção de florestas clonais energéticas, afim de suprir a demanda industrial do entorno por lenha e carvão. As espécies deste gênero já são consagradas em diversas regiões do país como ideais para o cultivo de florestas de ciclo curto voltadas à produção de biomassa energética, já que possuem no geral, além de adaptabilidade, uma produtividade e incremento consideráveis, além de madeira com boas características energéticas (boa densidade e poder calorífico, baixo teor de cinzas, etc).

O tema delimitado deste estudo está voltado à eucaliptocultura no Polo Gesseiro do Araripe, maior polo industrial brasileiro de extração e processamento da gipsita localizado na mesma região de Pernambuco onde os testes iniciais com o gênero *Eucalyptus* foram propositalmente alocados: Na Região do Araripe, área que envolve 15 municípios do sertão do estado. Neste polo industrial do gesso, a principal fonte energética ainda é a lenha de florestas naturais, por ser menos custosa quando relacionada às outras matrizes disponíveis.

Ao se introduzir uma nova cultura em determinado sítio, é importante a realização de testes que determinem os possíveis efeitos de práticas silviculturais a serem adotadas, pois estas, associadas às condições intrínsecas ao sítio, exercem grande influência sobre variáveis como qualidade do produto final (madeira do fuste, no caso das florestas energéticas), homogeneidade do povoamento, produção obtida por área, entre outras.

Uma das principais práticas silviculturais estudadas quanto ao impacto sobre a produtividade final de uma espécie que se deseja produzir em larga escala é a atividade de plantio, mais especificamente aspectos relacionados ao espaçamento entre os indivíduos no momento de implantação. O espaçamento de plantio define a área que cada planta terá disponível para seu amplo desenvolvimento e, conseqüentemente, determina a quantidade de indivíduos que serão implantados por unidade de área. Este fator costuma atuar sobre

variáveis de produtividade, pois influencia na competição entre os indivíduos, além de intervir sobre aspectos como planejamento e custos de implantação, de colheita, sobre a qualidade da madeira, entre outros.

Neste sentido, estudos que se proponham a aumentar o banco de informações sobre comportamento da produtividade *Eucalyptus sp.* nesta localidade são de grande importância na garantia do suprimento de recursos florestais de origem sustentável para as indústrias e, conseqüentemente, na manutenção ou restauração do equilíbrio ambiental e biológico.

Desta maneira, o presente trabalho tem por objetivo avaliar por meio de análise estatística a influência de diferentes espaçamentos de plantio sobre variáveis de produtividade de floresta clonal de *Eucalyptus urophylla* em idade de corte na região do Polo Gesseiro do Araripe, Araripina – PE afim de contribuir com informações sobre práticas silviculturais da produção deste clone na região.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes espaçamentos de plantio sobre as variáveis sobrevivência, volume individual, volume por área e incremento médio anual de híbrido de *Eucalyptus urophylla* na região do Polo Gesseiro do Araripe, Araripina – PE.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar os valores das variáveis produtivas sobrevivência, incremento médio anual, volume individual e por área do híbrido de *Eucalyptus urophylla* para cada espaçamento implantado;
- Determinar se há influência do espaçamento sobre cada variável determinada no estudo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Florestas energéticas de *Eucalyptus* spp.

Projeções mais recentes indicam que a população mundial deve atingir 9,1 bilhões de pessoas até 2050, impulsionando a demanda por recursos florestais. Para atender esse volume crescente – em um cenário sustentável – serão necessários 250 milhões de hectares adicionais de florestas plantadas no mundo (IBÁ, 2017). Dessa forma, as florestas de *Eucalyptus* spp. desempenham papel fundamental tanto no atendimento da crescente demanda, como na mitigação de impactos e pressão sobre as florestas nativas.

Originárias da Austrália, as plantas popularmente denominadas de eucalipto são um grupo de espécies que constituem um dos maiores gêneros de plantas do mundo – o *Eucalyptus*, angiospermas da ordem *Myrtales*. Estas passaram a ser comercialmente produzidas no Brasil no início do século XX graças aos trabalhos pioneiros do engenheiro agrônomo Navarro de Andrade e atualmente, das mais de 800 espécies descritas, cerca de 30 e seus híbridos possuem valor comercial no Brasil (FLORES et al., 2016). A importância do gênero é tanta para o país que 5,67 dos 7,84 milhões de hectares de florestas plantadas presentes no Brasil até o ano de 2016 eram de espécies pertencentes a este grupo, segundo Relatório Anual do IBÁ (2017).

Atualmente, um dos maiores ramos atendidos pelo cultivo destas florestas é o energético, que impulsiona a produção madeireira como fonte de energia para processos produtivos industriais, a exemplo do carvão vegetal utilizado como biorredutor na produção siderúrgica. Entende-se por “florestas energéticas” àquelas produzidas para suprimento da demanda por biomassa energética, cultivadas em sistemas que visam uma maior produção de volume por área e um menor ciclo de colheita (LOPES, 2017).

Esse tipo de floresta gera dois principais produtos: A lenha e o carvão vegetal, sendo este último diferente do primeiro devido processo de carbonização a que é submetido. No Brasil, as espécies do gênero citado são as mais utilizadas para a produção de carvão em grande escala devido suas características de rápido desenvolvimento e razoável densidade, garantindo um carvão renovável e de boa qualidade, sendo as principais utilizadas: *E. saligna*, *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e seus híbridos CAMPOS (2008).

Apesar do grande avanço do país na produção de biomassa florestal renovável, a exploração desordenada de lenha e carvão a partir de formações vegetais naturais ainda causa grande preocupação ao equilíbrio ambiental, principalmente na Região Nordeste, onde a exploração alcança seus maiores percentuais (MEUNIER, 2014). Nesta região, um dos

maiores consumidores de energia proveniente das florestas nativas é a atividade industrial gesseira, cujo o consumo do maior polo regional (o Polo Gesseiro do Araripe) é de aproximadamente 3 milhões de st ano^{-1} , superior ao estoque madeireiro natural disponível na região, tanto pelo pequeno número de planos de manejo florestal autorizados no entorno, quanto pelo baixo valor de incremento médio anual deste tipo de floresta (SILVA, 2009).

Neste sentido, vê-se a introdução da eucaliptocultura nestas áreas como uma alternativa viável de fonte energética em substituição à principal matriz atual, diminuindo a pressão sobre a vegetação nativa da região e, consequentemente, conservando-a.

3.2. Influência do espaçamento de plantio

As espécies do gênero *Eucalyptus* plantadas no Brasil apresentam respostas de crescimento bastante variadas em função da qualidade do sítio de plantio e dos espaçamentos adotados (OLIVEIRA NETO, 2010). A decisão adequada sobre o estabelecimento do arranjo de plantio na área é um dos principais aspectos envolvidos no manejo florestal, pois influenciará o crescimento individual e do povoamento com um todo (SEREGHETTI, 2012).

O espaçamento ou densidade de plantio, que determina a área útil de cada árvore, afeta não somente aspectos de produção, como também elementos voltados ao custo de implantação, manutenção e exploração da floresta (ROCHA, 2011). Florestas mais adensadas, por exemplo, costumam ter maior custo de implantação devido maior número de mudas por unidade de área e maior quantidade de fertilizantes (se a adubação for feita em covas), além de maior custo de exploração devido grande quantidade de fustes com pequenas dimensões, o que induz a queda de produtividade no processo de colheita (PAIVA et al, 2013).

Diversos autores comprovaram a influência do espaçamento de plantio em *Eucalyptus spp.* sobre variáveis de crescimento como diâmetro e, consequentemente, sobre o volume, assim como a ação sobre a sobrevivência dos povoamentos (PEREIRA, 2015; SCHNEIDER, 2015; LEAL et al., 2016; AQUINO, 2017; LOPES et al, 2017). Estes estudos indicam que espaçamentos reduzidos produzem árvores de menores diâmetros, no entanto, apresentam maior área basal e maior volume total, devido maior número de indivíduos por unidade de área. Já nos maiores espaçamentos, os testes apontam o inverso, onde diâmetros maiores e um maior volume por árvore acabam por gerar menores volumes por unidade de área.

Além de contar com o comportamento da produtividade, a decisão do melhor espaçamento deve levar em consideração a função do produto florestal desejado

(OLIVEIRA NETO et al, 2003). Nos casos de manejo para serrarias, por exemplo, ressalta-se a importância da obtenção de plantas de maiores diâmetros, em contraponto à produção de madeira para carvão e celulose, onde o maior interesse é na produção de maior volume de madeira por hectare (OLIVEIRA NETO et al, 2010). Além disso, é necessário o conhecimento mais preciso da influência deste fator sobre a qualidade dos produtos obtidos (BRASIL; FERREIRA 1971). O estudo de Paulino (2012), ao avaliar produção de biomassa com plantios de eucalipto, determinou que a densidade básica e, conseqüentemente, o poder calorífico das árvores tendem a aumentar com o aumento do espaçamento.

O número ótimo de indivíduos implantados dentro de uma área capaz de utilizar de maneira adequada o meio onde foram cultivados pode variar de acordo com elementos como a disponibilidade de água e o nível de fertilização do solo (EMBRAPA, 1993). Na fase de implantação este número de indivíduos pode ser facilmente controlado pelo silvicultor (BERGER, 2000) e por esta razão ele é analisado frequentemente em estudos de produtividade. Para inferir sobre comportamento da produtividade, as variáveis comumente utilizadas na literatura são a taxa de sobrevivência, volume individual, volume por área e incremento médio anual do povoamento.

3.3. Matriz energética do Polo Gesseiro do Araripe

No extremo oeste pernambucano, região semiárida, encontra-se o Polo Gesseiro do Araripe, arranjo industrial que envolve os municípios componentes da Região do Araripe: Araripina, Bodocó, Cedro, Dormentes, Exu, Granito, Ipubí, Moreilândia, Ouricuri, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Filomena, Serrita, Terra Nova e Trindade. Esta região se constitui em um importante planalto na divisa dos estados de Pernambuco, Piauí e Ceará.

No lado pernambucano, vários municípios e dezenas de fábricas e olarias exploram um mineral bruto, a gipsita, que representa a principal atividade econômica da região (DRUMOND, 2009). Segundo o SINDUGESSO (2012), esta região é responsável por 95% da produção nacional de gesso, advinda de cerca de 139 indústrias de calcinação. A produção média das calcinadoras varia entre 2500 t e 3000 t de gesso/mês e o consumo de energéticos florestais varia entre 0,15 e 0,04 m³ por tonelada de gesso produzida (GADELHA, 2014).

As indústrias necessitam de energia que é obtida principalmente a partir do consumo de lenha proveniente da Caatinga, no entanto, sabe-se que estoque madeireiro nativo na área não é suficiente para suprir a demanda da indústria do gesso e a lenha como combustível é escassa (FONTENELE, 2016), principalmente, pelo número insuficiente de planos de manejo florestal sustentáveis da região.

Campello (2011) constatou em diagnóstico realizado com as empresas calcinadoras de gipsita do Araripe que a lenha utilizada como fonte energética por essas empresas tinha as seguintes origens: 11,75% eram provenientes de áreas sob o regime de manejo florestal sustentado, 0,1% advinha de reflorestamentos energéticos e 88,24% era originária de áreas exploradas sem nenhum licenciamento ambiental.

Mesmo se o número de planos de manejo florestal fosse maior, o período de rotação da Caatinga é superior a 10 anos e exigiria grandes áreas manejadas, pois o incremento médio anual de florestas nativas desta região em locais bem produtivos fica em torno de 15 st/ano (SILVA, 2009). Essa atividade industrial acaba então por causar grande degradação ambiental devido a exploração desordenada desta matriz energética, o que afetando até a própria cadeia produtiva do gesso (ROCHA, 2012), além do equilíbrio ambiental.

Esses impactos causados pelo processamento da gipsita podem ser minimizados pelo planejamento racional da extração de lenha, por instalação de projetos de recuperação que aumentariam as reservas de floresta nativa explorável, ou ainda introdução de florestas plantadas de rápido crescimento, diminuindo assim a pressão sobre a vegetação local (FONTENELE, 2016).

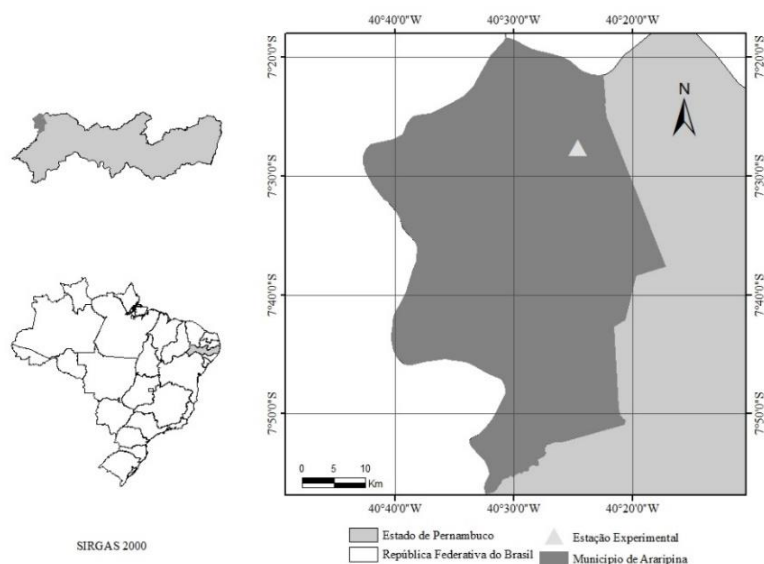
Por esse motivo, implantou-se na região em 2002 a Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco, uma rede de parcelas permanentes experimentais de clones de *Eucalyptus spp.* para fins de estudo do comportamento de diferentes clones na região, afim de se escolher os mais aptos para atender à demanda energética da indústria do gesso (ROCHA, 2012). Quando bem conduzidos, os reflorestamentos com *Eucalyptus spp.* têm garantido fornecimento constante a várias indústrias que processam e consomem as matérias-primas dessas plantações como fonte energética.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado a partir de um experimento implantado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco na Estação Experimental da Chapada do Araripe, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e localizada em Araripina – PE, um dos 15 municípios que compõem a Região do Araripe no sertão pernambucano. A Estação Experimental apresenta coordenadas geográficas 07°27'37'' S e 40°24'36'' W e altitude de 831 metros (Figura 1).

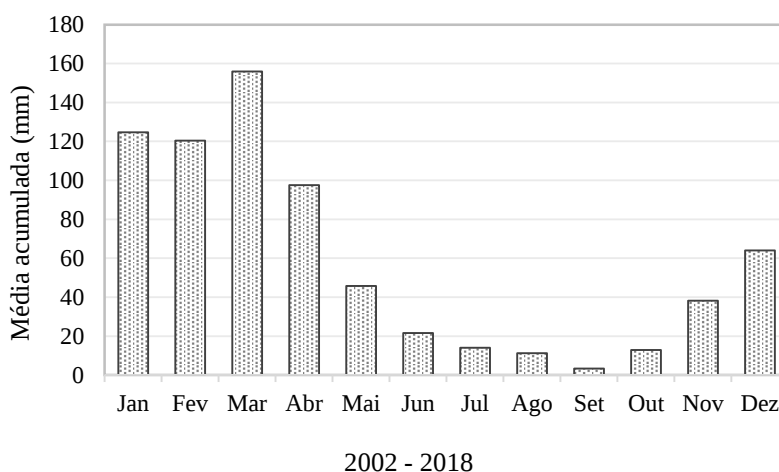
Figura 1. Mapa de localização da Estação Experimental da Chapada do Araripe em Araripina – PE.



Fonte: A autora, 2018.

O clima da região é classificado como BSh (semiárido), segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 25°C. A precipitação média anual é próxima a 700 mm, concentrada entre os meses de novembro a maio (Figura 2), representando mais de 80% do total anual (APAC, 2018). O solo no local é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico de textura argilosa, considerado como compactado, ácido, com baixa saturação de bases, teores médios e altos de alumínio trocável e baixos teores nutricionais (GADELHA, 2014). Este autor confirma que as condições adversas deste solo estão afetando negativamente a produtividade dos plantios na região.

Figura 2. Média pluviométrica mensal de 2002 a 2018 no município de Araripina – PE.

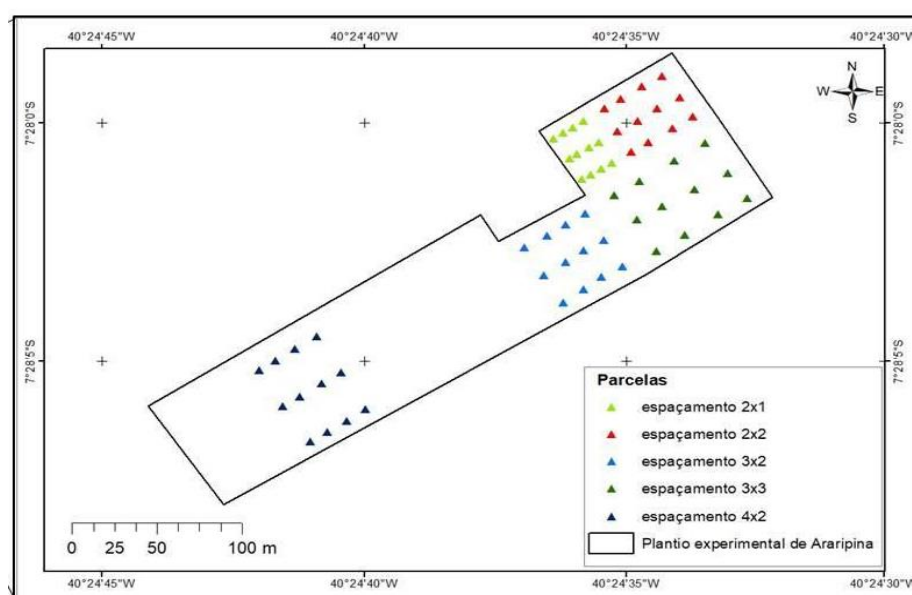


Fonte: APAC (2018).

4.2. Caracterização do experimento

O experimento original foi instalado em março de 2010 e é composto por 15 tratamentos com 4 repetições (parcelas) cada, da seguinte forma: Três clones do gênero *Eucalyptus* (C41 – *Eucalyptus urophylla*, C11 – *Eucalyptus brassiana* e C39 – *Eucalyptus urophylla*) dispostos em cinco arranjos de plantio (2mx1m, 2mx2m, 3mx2m, 4mx2m 3mx3m), distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. A área total deste experimento foi de 8700m² e o croqui do pode ser visualizado a seguir (Figura 3):

Figura 3. Croqui do experimento original com três clones, cinco espaçamentos e quatro repetições na Estação Experimental da Chapada do Araripe, Araripina – PE.



Fonte: Adaptado de Santos (2018).

No presente trabalho apenas o material genético C39 - Híbrido de *Eucalyptus urophylla* foi avaliado, pois este obteve melhor desempenho dentre os três clones mencionados em teste de potencial energético de Gadelha (2014) na mesma região. Este experimento, portanto, abrangeu apenas uma área de 2900 m², 33 % da área do experimento original. Os tratamentos aplicados para este clone se encontram descritos na Tabela 1 a seguir:

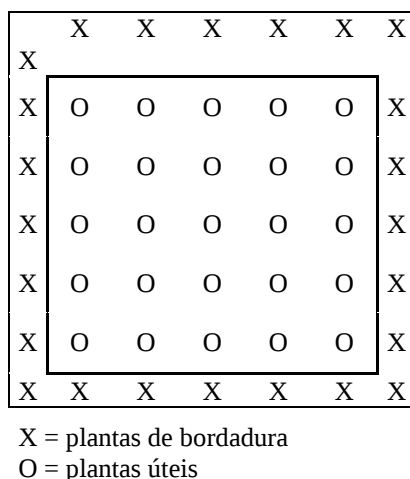
Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados para o clone C39 (*E. urophylla*) na Estação Experimental da Chapada do Araripe em Araripina - PE.

Tratamento	Área útil (m ²)		Espaçamentos	árvores úteis parcela ¹	árvores ha ⁻¹
	por árvore	por parcela			
T1	2	50	2m x 1m	25	5000
T2	4	100	2m x 2m	25	2500
T3	6	150	3m x 2m	25	1667
T4	8	200	4m x 2m	25	1250
T5	9	225	3m x 3m	25	1111

Fonte: A autora.

Cada repetição possuía 49 árvores, sendo utilizadas para análise somente as 25 presentes na área útil (Figura 4).

Figura 4. Croqui da parcela com representação das árvores úteis analisadas na Estação Experimental da Chapada do Araripe em Araripina – PE.



Fonte: A autora, 2018.

4.3. Coleta de dados

Em março de 2018, no final da primeira rotação deste módulo experimental, realizou-se a cubagem rigorosa de todas as árvores do experimento, com isto, as informações correspondem a variáveis de interesse de uma floresta clonal de um híbrido de *E. urophylla*

em idade de corte de 96 meses. Durante o procedimento de colheita foram contabilizados também o número de árvores mortas para determinação da variável taxa de sobrevivência em cada repetição.

A cubagem rigorosa se deu pelo método de Smalian, onde, com auxílio de trena de 30 m e suta, mediu-se em cada árvore abatida a altura total e diâmetros nas alturas de 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,10; 1,30; 1,50; 1,70; 1,90; 2,30 m a partir da base e, passando desta altura, a medida foi obtida de 1 em 1m até o fim do fuste, dividindo-o em seções. A área basimétrica de cada seção foi calculada conforme a equação (1). Por meio das equações (2) e (3) de Smalian, determinou-se o volume de cada seção e, assim, o volume total da árvore abatida (4):

$$gi = \frac{\pi \cdot di^2}{4} \quad (1)$$

em que: gi = área basimétrica da seção (m^2); di = Diâmetro na altura hi ;

$$Vi = \frac{g1+g2}{2} \cdot L \quad (2)$$

em que: Vi = Volume da seção i (m^3); $g1$ = área basimétrica no início da seção (m^2); $g2$ = área basimétrica no fim da seção (m^2); L = comprimento da seção (m);

$$Vc = \frac{gc}{3} \cdot Ln \quad (3)$$

em que: Vc = Volume do ponteiro (m^3); gc = área seccional da base do ponteiro (m^2); Ln = comprimento do ponteiro (m);

$$V = \sum_{i=1}^n Vi + Vc \quad (4)$$

em que: V = Volume da árvore (m^3);

4.4. Análise de dados

Para analisar o comportamento da produtividade, calculou-se: Taxa de sobrevivência (%), volume por indivíduo (m^3 árvore⁻¹), volume por hectare (m^3 ha⁻¹) e Incremento Médio Anual (m^3 ha⁻¹ ano⁻¹) das repetições. O cálculo da primeira variável foi realizado relacionando-se número de árvores vivas e o número de indivíduos implantados em cada parcela. O volume individual foi determinado por equações de Smalian e para encontrar o volume por área, extrapolaram-se os dados de soma dos volumes individuais em cada parcela para hectare. Por fim, a variável incremento médio anual foi determinada pela razão do

volume produzido por hectare e idade do povoamento (8 anos), assim sendo possível compreender a média de crescimento das repetições anualmente.

Sendo assim, para avaliar se o espaçamento causava ou não influência sobre as variáveis de interesse (taxa de sobrevivência, volume individual, volume total e IMA) foram realizadas análises de variância para cada uma, afim de identificar ou não diferenças significativas para cada espaçamento implantado. Quando encontrada qualquer diferença significativa entre os tratamentos, os dados foram submetidos ao Teste de Médias de Tukey, ao nível de 5% de significância, afim de localizar onde exatamente estavam estas diferenças.

A análise estatística e gráfica foi realizada com ajuda do software *Assistat 7.7* e *Microsoft Office Excel 2013*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total de árvores cubadas no experimento foi de 459, totalizando 25,5 m³ de volume. A média geral de volume por área foi de 95,9 m³ ha⁻¹ e de volume individual foi de 0,05551 m³ árvore⁻¹.

5.1 Taxa de sobrevivência

O resultado da análise de variância para a variável taxa de sobrevivência encontra-se disposta a seguir na Tabela 2:

Tabela 2. Análise de variância para o efeito de espaçamento de plantio sobre a taxa de sobrevivência.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	4,80	1,20	0,1800 ns	0,9452
Resíduo	15	100,00	6,66		
Total	19	104,80			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Fonte: A autora.

De acordo com o resultado observado, os valores de taxas de sobrevivência demonstraram diferença significativa em função dos diferentes espaçamentos, o que significa que este não influi sobre o comportamento desta variável para o híbrido estudado nestas condições de sítio. O híbrido demonstrou boa taxa média de sobrevivência (98,6%) apesar das condições ambientais adversas, principalmente o baixo índice pluviométrico. Na mesma região, Fontenele (2018) ao determinar taxa de sobrevivência em teste com o mesmo material genético, encontrou taxa de sobrevivência de 89% e indicou o clone como um dos mais adaptados à região.

Segundo Schneider (2015), a maioria das espécies de eucalipto são intolerantes à competição, sendo assim, a tendência para a maioria dos plantios é de um maior número de falhas em função de menores espaçamentos. Aquino (2017) comprovou esta teoria em estudo de avaliação da produtividade de *Eucalyptus spp*, no entanto o comportamento de não influência do espaçamento também foi observado por outros autores como Couto (2009), Sartório (2014) e Ferreira (2014). O último autor explica a fraca resposta da sobrevivência em função do espaçamento devido boa qualidade do sítio e boas condições pluviométricas.

Na região do Araripe, Gadelha (2014) ao avaliar desempenho silvicultural do mesmo material genético (C39) não encontrou diferença significativa para a taxa de sobrevivência em função dos espaçamentos avaliados, exceto para o plantio mais adensado do estudo (também em arranjo 2x1 m) que apresentou taxa de sobrevivência de 72%, significativamente menor aos espaçamentos mais amplos.

5.2 Volume individual

O volume individual apresentou diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para os espaçamentos estudados, rejeitando assim a hipótese de nulidade proposta. Na Tabela 3 a seguir, dispõe-se o resultado da análise estatística:

Tabela 3. Análise de variância para o efeito do espaçamento de plantio sobre volume individual.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	0,14853	0,03713	20,2762**	1,7582
Resíduo	495	0,90649	0,00183		
Total	499	1,05501			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

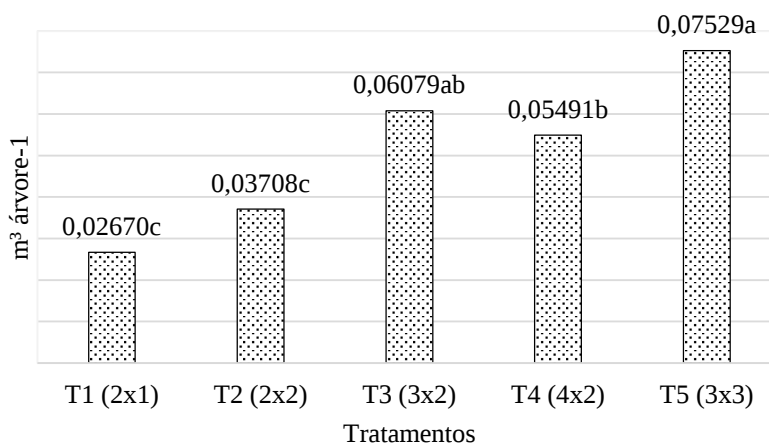
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Fonte: A autora.

Assim que identificada diferença entre os espaçamentos, o teste de médias de Tukey (Figura 5) foi realizado afim de identificar qual o espaçamento proporcionou maior produtividade individual para este híbrido.

Figura 5. Médias de volume por indivíduo para os diferentes espaçamentos estudados submetidos ao Teste de Tukey a 5% de significância.



Fonte: A autora.

Encontrou-se a maior média de volume individual (0,07529 m³) para o maior espaçamento estudado (T5), que foi quase três vezes superior à menor média (0,02670 m³) correspondente ao menor espaçamento (T1). No entanto, segundo o teste de médias, as respostas obtidas pelos espaçamentos T5 e T3 são estatisticamente semelhantes, indicando que ambos arranjos proporcionaram maior volume individual, enquanto os menores (T1 e T2) são responsáveis pela geração de árvores menos volumosas na área de estudo.

O volume individual apresentou uma tendência esperada de proporcionalidade direta à quantidade de plantas por unidade de área, já que estas passam a ser individualmente menos produtivas à medida que o espaçamento diminui. Esse comportamento corrobora com o mencionado por diversos autores que estudaram influência do espaçamento sobre variáveis de produtividade do *Eucalyptus spp.* (RIBEIRO, 2017; HAKAMADA, 2016; BERGER 2002; BALLONI 1980). Paiva (2013) explica que a queda de produtividade devido competição é mais nítida em espaçamentos reduzidos e ocorre nestes precocemente, antecipando a estagnação do crescimento.

Curiosamente, o espaçamento T4 (4mx2m) foge deste comportamento comum encontrado nas literaturas onde o espaçamento é a única influência estudada sobre a variável volume individual. Como pôde ser observado no croqui do experimento original na Figura 3, este tratamento se encontra distanciado dos demais por questões logísticas de outros experimentos instalados na mesma Estação Experimental e isto induz à suspeita de possivelmente interferência de algum fator externo sobre este tratamento.

5.3 Volume por área

Em oposição à tendência do volume individual, a produção volumétrica por área costuma demonstrar proporcionalidade direta ao número de árvores por área, mesmo com a queda de produção por árvore. Esta relação, no entanto, não foi evidenciada pelo teste de Tukey (Figura 6) realizado após a análise de variância (Tabela 4).

Tabela 4 Análise de variância para o efeito do espaçamento de plantio sobre volume total por área.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	9389,00	2347,25	3,4920*	0,0331
Resíduo	15	10082,81	672,18		
Total	19	19471,81			

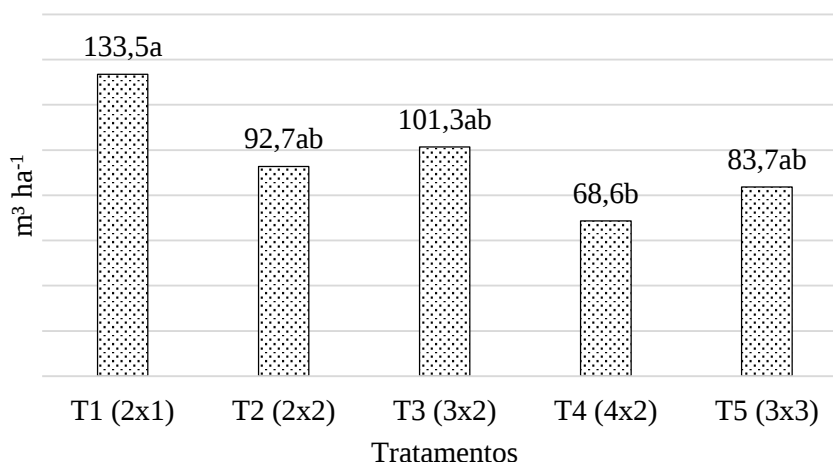
** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Fonte: A autora.

Figura 6. Médias de volume por área para os diferentes espaçamentos estudados submetidos ao Teste de Tukey a 5% de significância.



Fonte: A autora

Segundo o teste de médias, apenas o tratamento T4 se apresentou estatisticamente menos produtivo em relação ao tratamento T1, cuja média de produção foi a maior do estudo. Isto significa que, estatisticamente, todos os espaçamentos testados, exceto o T4, gerariam respostas de volume por área semelhantes. Este resultado pode estar associado às condições edáficas e climáticas, principalmente pluviométricas, extremamente adversas durante à época do experimento, que pode ter contribuído com à estagnação de crescimento de diversas árvores nos espaçamentos mais adensados, fazendo com que estes não se diferenciassem em produtividade.

A primeira vista este resultado pode induzir à escolha de menores espaçamentos de plantio para a cultura deste clone na região, já que o teste informa ser possível produzir o mesmo volume por área se utilizando do menor e maior espaçamento, então quanto menos área utilizada para a mesma resposta de produção, melhor seria ao produtor. Este pensamento é invalidado quando se considera que a implantação em espaçamentos reduzidos é frequentemente mais custosa devido maior número de mudas implantadas e maior custo de colheita, o que pode acarretar em considerável diminuição de lucro (PAIVA et al., 2013).

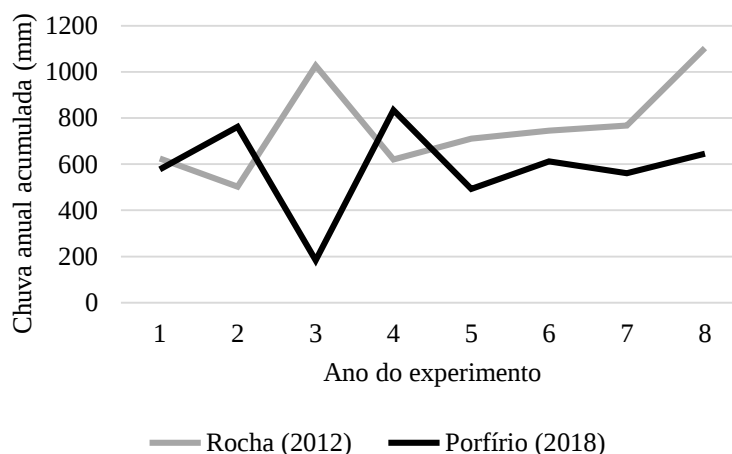
Sabendo dessa pouca influência do espaçamento sobre a produção por área, o que se sugere é que outros aspectos ou critérios sejam utilizados para decisão do espaçamento adequado, como os custos envolvidos na implantação e o potencial energético do produto a

ser obtido. Estes aspectos provavelmente irão induzir à escolha por espaçamentos mais amplos.

Barros et al (2010), em teste com espécies nativas da região plantadas para fins energéticos na região do Araripe, encontrou produtividades de 52,3, 42,7 e 36,6 m³ ha⁻¹ para Sabiá, Jurema e Angico, respectivamente, em idade de corte. Estes valores encontram-se bem abaixo da produção por área de eucalipto neste estudo, que variou de 68,6 a 133,5 m³ ha⁻¹, o que reafirma a importância do uso desta cultura de ciclo curto como fonte de energia alternativa na Região do Araripe.

Rocha (2012), em área próxima, encontrou para a idade de 90 meses um volume de 222,5 m³ ha⁻¹ para o clone C39, o que não coincide com o valor correspondente com a média para o mesmo tratamento e mesma idade neste estudo (101,3 m³ ha⁻¹). Esta disparidade pode ser explicada pela grande seca que afeta o semiárido pernambucano nos últimos anos e que afetou diretamente a produtividade dos indivíduos no presente experimento, que ocorreu de 2010 a 2018. Diferentemente, o experimento de Rocha (2012) se deu entre os anos de 2002 e 2009, anos de bons índices pluviométricos para a região. Na Figura 7 a seguir se comparam os valores de chuva acumulada anualmente durante os períodos de ambos estudos:

Figura 7. Gráfico de comparação da chuva anual acumulada para os anos de 2002-2009 e 2010-2017, correspondente aos anos de teste com *Eucalyptus spp.* em dois estudos na Estação Experimental da Chapada do Araripe, Araripina – PE.



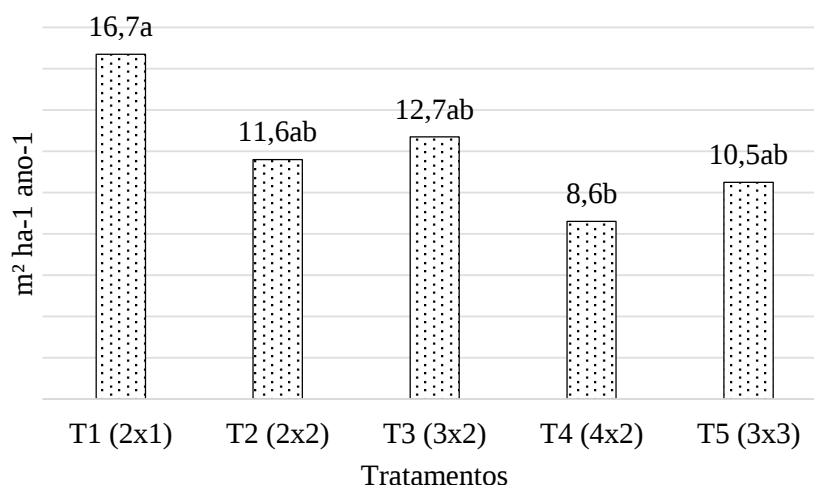
Fonte: Adaptado de APAC (2018).

Nota-se alta disparidade de chuva anual acumulada principalmente no terceiro e último ano dos plantios experimentais, o que possivelmente influenciou na grande diferença de volume da produção final. Baseado na média de volume de produção encontrada, estima-se que o acentuado déficit hídrico afetou negativamente a produção por hectare em 45%.

5.4 Incremento Médio Anual

Também foi avaliada neste estudo a variável incremento médio anual (IMA), correspondente a este primeiro ciclo de 96 meses do plantio experimental. As médias de IMA podem ser observadas na Figura 8 a seguir:

Figura 8. Médias de incremento anual médio (IMA) para os diferentes espaçamentos estudados submetidos ao Teste de Tukey a 5% de significância.



Fonte: A autora

O incremento médio anual (IMA) máximo foi de 16,6 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ no tratamento T1, valor abaixo do encontrado por Rocha (2012) com as mesmas características de plantio (29,7 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Novamente estes baixos valores podem ser explicados pela severa seca da região nos últimos anos. Este valor, no entanto, é estatisticamente igual aos dos demais tratamentos, com exceção do T4, assim foi identificado para a variável anterior, já que elas são proporcionais. O menor IMA encontrado (8,6 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) neste experimento, associado ao espaçamento T4, se aproxima daqueles determinados por Barros et al. (2010) para espécies de caatinga (8,0 e 6,58 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), assemelhando-se à produtividade do híbrido estudado neste espaçamento e os demais estatisticamente iguais ao de espécies nativas de caatinga.

6. CONCLUSÕES

Após a determinação dos valores correspondentes às variáveis produtivas, os resultados deste estudo permitem concluir que o volume individual, o volume por área e o incremento médio anual de povoamento florestal do clone estudado (híbrido de *Eucalyptus urophylla*) foram influenciados pelo espaçamento de implantação, enquanto a variável taxa de sobrevivência não foi sequer influenciada.

Os espaçamentos 3 m x 3 m e 3 m x 2 m contribuíram para melhor desempenho do volume individual e as médias desta variável se comportaram com tendência similar a diversos estudos realizados por outros autores, com exceção do espaçamento 4x2 m, que provavelmente sofreu influência de elementos externos ao experimento. As variáveis volume por área e incremento médio anual foram influenciadas pelo espaçamento somente ao se comparar o tratamento 2 m x 1 m e 4x2 m.

Sendo assim, os espaçamentos 2 m x 1 m, 2 m x 2 m, 3 m x 2 m e 3 m x 3 m apresentaram resposta estatisticamente igual, portanto, todos poderiam ser recomendados para alcance da máxima produção por área e máximo incremento médio anual, no entanto, outros critérios podem ser utilizados para decisão do espaçamento mais adequado, como os custos envolvidos, qualidade do produto, etc. Desta forma, possivelmente os maiores espaçamentos seriam indicados.

A baixa produtividade do híbrido (IMA médio de 12 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), quando comparada As de estudos no mesmo local em anos anteriores, pôde ser explicada pela severa condição climática a que está submetida a região, principalmente o déficit hídrico acentuado. Ainda assim, o povoamento mostra-se produtivo em relação às espécies naturais da Caatinga, o que indica a importância de investimento nestes povoamentos clonais e em mais estudos sobre seu comportamento em função de outros fatores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 20 out. 2018.

AQUINO, P. S. R. **Crescimento inicial de eucalipto em função do espaçamento utilizando delineamento sistemático tipo “Leque”**. 2017. 130 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, 2017.

BALLONI, E.A., SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. IPEF, p. 1-26, 1980. (Série Técnica, 3).

BARROS, B. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; REBOUÇAS, A. C. M. Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no Polo Gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 641-647, 2010.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 2000. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2000,

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. 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.

BRASIL, M. A. M., FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, v.2, n.3, p.129-49, 1971.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. 255 p. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CAMPELLO, F. C. B **Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras: a questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da Região do Araripe-PE**. 2011. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CAMPOS, A. C. M. **Carvão de *Eucalyptus*: efeito dos parâmetros da pirólise sobre a madeira e seus componentes químicos e predição da qualidade pela espectroscopia NIR**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

COUTO, L.; LEITE, H. G.; ABRAHÃO, C.; MÜLLER, M. **Efeito do Espaçamento sobre a Produção de Biomassa em Florestas Energéticas de Eucalipto**. In: Documento Técnico RENABIO 01/2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/244478007_Efeito_do_Espacamento_sobre_a_Producao_de_Biomassa_em_Florestas_Energeticas_de_Eucalipto>. Acesso em: 10 dez. 2018.

DRUMOND, M. A. et al. **Integração lavoura pecuária floresta na Chapada do Araripe, Pernambuco: resultados preliminares**. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-

FLORESTA NA EMBRAPA, 2009, Brasília, DF. Resumos e palestras apresentadas. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

FERREIRA, D. H. A. A. et al. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v44i3.32188>.

FLORES, T. B., ALVARES, C. A., SOUZA, V. C., & STAPE, J. L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. IPEF, 2016.

FONTENELE, N. M. **Comparação entre produtividade e análise financeira de *Eucalyptus spp.* em sistemas de alto fuste e talhadia no Polo Gesseiro do Araripe-PE**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

FONTENELE, N. M. et al. Volumetric and economic evaluation of *Eucalyptus spp.* clones in high forest, coppice and native vegetation systems at the Gypsum Pole of Araripe-PE. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 117, p. 77-86, mar. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v46n117.07>.

GADELHA, F. H. L. **Desempenho silvicultural e avaliação econômica de clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo para fins energéticos**. 2014. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

IBÁ. Relatório 2017. **Indústria Brasileira de Árvores: braziliantreeindustry**. Brasília, 2017. 80 p.

LEAL, F. A.; SOARES, I. M.; SOARES, T. S. Influência do espaçamento no diâmetro e altura de três clones de eucalipto. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 12, 2016.

LEMOS, E. G. M. et al. **Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação**. Coleção PROPe Digital (UNESP), 2012.

LOPES, E.D.; LAIA, M.L.; SANTOS, A.S.; SOARES, G.M.; LEITE, R.W.P.; MARTINS, N.S. Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**. 47, 95–104, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i1.47141>

MARQUES, F. A. et al. Solos do Nordeste. Embrapa Solos - Folder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2014.

MEUNIER, I. M. J.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. **Concentração geográfica da exploração de lenha em Pernambuco**. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais: Paradigmas na formação de recursos humanos em ciências florestais. Recife, 2014. <http://dx.doi.org/10.12702/VIII.SimposFloresta.2014.38-543-1>

MOULIN, J. C.; ARANTES, M. D. C.; VIDAURRE, G. B.; PAES, J. B.; CARNEIRO, A. de C. O. Efeito do espaçamento, da idade e da irrigação nos Componentes químicos da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 199-208, 2015.

OLIVEIRA NETO, S. N; REIS, G. G.; REIS, M. G. F. NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.15-23, 2003.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. D. G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, v. 40, n. 4, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v40i4.20327>

PAIVA, H. N. de; JACOVINE, L. A. G.; RIBEIRO, G. T.; TRINDADE, C. **Cultivo de Eucalipto: Implantação e Manejo**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2013.

PAULINO, E. J. **Influência do espaçamento e da idade na produção de biomassa e na rotação econômica em plantio de eucalipto**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina. 2012.

PEREIRA, D. G. L. **Influência do espaçamento de plantio em povoamento de clones híbridos de *Eucalyptus spp.* no estado do Pará**. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PROTÁSIO, T. de P.; NEVES, T. A.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus spp* visando à produção de bioenergia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 465-477, 2014.

RIBEIRO, M. D. S. B.; JORGE, L. A. B.; MISCHAN, M. M.; SANTOS, A. L.; BALLARIN, A. W. Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, 2017.

ROCHA, M. F. A. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

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

SANTOS, N. A. T. **Índice de área foliar a partir de fotografias hemisféricas em *Eucalyptus spp.* no semiárido brasileiro**. 35 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

SARTÓRIO, I. P. **Avaliação e modelagem do crescimento de florestas energéticas de eucalipto plantadas em diferentes densidades**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SCHNEIDER, P. R. et al. Influência do espaçamento no autodesbaste de povoamento monoclonal de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 119-126, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509817468>.

SEREGHETTI, G. C. **Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2012.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Pólo Gesseiro do Araripe-Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, UFRPE, Imprensa Universitária, v. 5/6, p. 301-319, 2008-2009.