



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

ROBERTHI ALEF COSTA TEIXEIRA

**DINÂMICA DE PLANTAÇÕES EXPERIMENTAIS DE *Tachigali vulgaris* L. F. Gomes
da Silva & H. C. Lima EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO E TEXTURA DE SOLO**

**BELÉM
2021**

ROBERTHI ALEF COSTA TEIXEIRA

DINÂMICA DE PLANTAÇÕES EXPERIMENTAIS DE *Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO E TEXTURA DE SOLO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração em Ciências Florestais e linha de pesquisa em Tecnologias de Recursos Florestais para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Thiago de Paula Protásio
Coorientador 1: Prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares
Coorientador 2: Prof. Dr. Mario Tommasiello Filho

BELÉM
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T266d Teixeira, Roberthi Alef Costa

Dinâmica de plantações experimentais de *Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima em resposta à adubação e textura de solo / Roberthi Alef Costa Teixeira. - 2021.
76 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Thiago de Paula Protásio

Coorientador: Prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares e Prof. Dr. Mario Tommasiello Filho.

1. Floresta energética. 2. Tachi-branco. 3. Tratamento silvicultural. 4. Nutrição. I. Protásio, Thiago de Paula, *orient.* II. Título

CDD

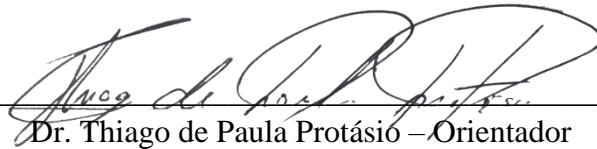
ROBERTHI ALEF COSTA TEIXEIRA

DINÂMICA DE PLANTAÇÕES EXPERIMENTAIS DE *Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO E TEXTURA DE SOLO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

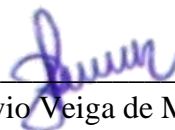
Aprovado em 14 de outubro de 2021

BANCA EXAMINADORA



Dr. Thiago de Paula Protásio – Orientador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA



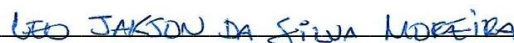
Dr. Rodrigo Otávio Veiga de Miranda – 1º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU



Dr. Arystides Resende Silva – 2º Examinador

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



Dr. Leo Jakson da Silva Moreira – 3º Examinador

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos:

Acima de tudo a DEUS pelo dom da vida e por todas as conquistas até aqui alcançadas.

A minha família pelo apoio.

A minha esposa, Kalita de Oliveira Silva, que sempre nos momentos difíceis e felizes esteve ao meu lado, dando apoio e conselhos imensuráveis que resultaram neste trabalho tão importante para minha vida.

À Universidade Federal Rural da Amazônia, em especial ao prof. Dr. Thiago de Paula Protásio, pela orientação e todo o aprendizado que me foi dado durante o curso de mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais (PPGCF/UFRA) pela oportunidade de me tornar mestre.

À Embrapa Amazônia Oriental, especialmente os pesquisadores Delman de Almeida Gonçalves e Arystides Resende Silva, pela gestão e instalação da área experimental de *Tachigali vulgaris*, objeto de estudo desta dissertação.

À Empresa Jari Celulose S.A. por disponibilizar a área experimental de *T. vulgaris* e por todo o suporte técnico e logístico para a realização desta pesquisa.

Ao prof. Dr. Alvaro Augusto Vieira Soares, da Universidade Federal de Uberlândia pela orientação no processamento e análise dos dados.

Ao futuro Dr. Ivaldo da Silva Tavares Júnior, da Universidade Federal de Viçosa, pela ajuda na elaboração dos mapas.

A todos os amigos que fiz em Belém do Pará durante o curso de mestrado.

A todos do projeto “Rede brasileira de pesquisa em crescimento e qualidade da madeira da espécie *T. vulgaris* (tachi-branco) proveniente de plantios homogêneos para a geração de bioenergia na Amazônia”.

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu MUITO OBRIGADO.

APRESENTAÇÃO GERAL

Este trabalho faz parte de um projeto formado por uma rede de pesquisa composta pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo (USP/Esalq), Universidade Federal de Lavras, Universidade Federal de Uberlândia, Embrapa Amazônia Oriental e a empresa Jari Celulose S.A.

O objetivo principal desse projeto é de contribuir com os estudos de crescimento e qualidade da madeira da espécie *Tachigali vulgaris* (tachi-branco) provenientes de plantios homogêneos para geração de bioenergia na Amazônia.

Essa rede de pesquisa é coordenada pelo programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFRA/Belém e conta com a participação de alunos de mestrado e graduação (iniciação científica). Três dissertações desenvolvidas no âmbito deste projeto foram concluídas e publicadas, ambas sob orientação do Prof. Dr. Thiago de Paula Protásio:

- 1º - Discente: Marilene Olga dos Santos e Silva; Título: “Crescimento e qualidade da madeira da espécie *Tachigali vulgaris* cultivada em diferentes espaçamentos para uso bioenergético”. Defesa realizada em: julho de 2018.
- 2º - Discente: Udson de Oliveira Barros Júnior. Título: “*Tachigali vulgaris* em plantios homogêneos na Amazônia: parâmetros de crescimento, madeira e carvão vegetal para fins energéticos. Defesa realizada em: julho de 2020.
- 3º - Discente: Rafaela Patrícia da Silva Ceretta. Título: “Influência do espaçamento, posição radial e tipo de fuste na anatomia do lenho do tachi-branco (*Tachigali vulgaris*) em plantações experimentais na Amazônia”. Defesa realizada em abril de 2021.

Essa pesquisa trata especificamente da 4ª dissertação, cujo título é “Dinâmica de plantações experimentais de *Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima em resposta à adubação e textura de solo” com objetivo inicial de analisar o efeito de diferentes níveis de adubação, textura do solo e idade no desenvolvimento da espécie de *Tachigali vulgaris* para compor florestas destinadas para fins energéticos. O trabalho foi financiado pela CAPES/PROCAD, no âmbito do projeto “FORTALECIMENTO DAS CIÊNCIAS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA: COOPERAÇÃO ACADÊMICO-CIENTÍFICA UFAM/ESALQ/UFRA”, código de financiamento nº. 88881.199859/2018-01.

RESUMO

A diversificação de espécies para silvicultura bioenergética na Amazônia auxiliará diversos segmentos industriais locais e/ou regionais. Logo a ampliação do conhecimento de práticas silviculturais do *Tachigali vulgaris* subsidiará futuras plantações em escala comercial. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes níveis de adubação, textura do solo e idade no desenvolvimento da espécie de *T. vulgaris* para compor florestas energéticas. O estudo foi conduzido em duas áreas experimentais de 1,6 ha cada uma, pertencentes a empresa Jari Celulose S.A em Monte Dourado, distrito do município de Almeirim – Pará. Análises independentes foram realizadas, em ambas as áreas experimentais e idades. Os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial, com quatro blocos, cujos tratamentos são 4 níveis de fósforo e 3 níveis de potássio combinados entre si, totalizando 12 tratamentos. As variáveis diâmetro a altura do peito (DAP) dos fustes, diâmetro equivalente (D_{eq}) das árvores, altura total (H_t) das árvores, percentual de ocorrência de fuste único (F_u), volume comercial com casca por hectare ($V_{cc} \text{ ha}^{-1}$) e sobrevivência (Sobr.) foram avaliadas. Para o solo com textura arenosa, a ANOVA revelou efeito significativo para variável DAP dos fustes e F_u . Foram observados $V_{cc} \text{ ha}^{-1}$ médio de 21,28 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 18,95 %); 81,78 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 20,11 %); 107,57 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 21,28 %); 121,85 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 20,63 %); 171,02 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 27,47 %); 216,68 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 29,59 %) e 254,06 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 30,06 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente. Para o solo de textura argilosa, obteve-se efeito significativo da adubação de plantio na variável $V_{cc} \text{ ha}^{-1}$ e Sobr., sendo os volumes médios de 25,96 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 25,46 %); 85,07 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 18,18 %); 113,57 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 19,65 %); 132,01 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 22,80 %); 197,23 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 28,36 %); 243,21 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 32,10 %) e 257,79 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 35,68 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente. Os resultados indicam que *T. vulgaris* apresentou-se pouco exigente em nutrientes e nas condições deste estudo recomenda-se dose a nutricional de 0 kg ha^{-1} de superfosfato triplo e 172 kg ha^{-1} de cloreto de potássio em área com latossolo amarelo de textura média arenosa e 195 kg ha^{-1} de superfosfato triplo e 343 kg ha^{-1} de cloreto de potássio em área com latossolo amarelo de textura média argilosa.

Palavras-chave: Floresta energética. Tachi-branco. Tratamento silvicultural. Nutrição.

ABSTRACT

The diversification of species for bioenergy forestry in the Amazon will help several local and/or regional industrial segments. Soon, the expansion of knowledge of silvicultural practices of *Tachigali vulgaris* will subsidize future plantations on a commercial scale. The objective of this research was to verify the effect of different levels of fertilization, soil texture and age on the development of the *T. vulgaris* species to compose energetic forests. The study was conducted in two experimental areas of 1.6 ha each, belonging to the company Jari Celulose S.A. in Monte Dourado district of the municipality of Almeirim – Pará. Independent analyzes were performed, in both experimental areas and ages. The experiments were implemented in a randomized block design in a factorial scheme, with four blocks, whose treatments are 4 levels of phosphorus and 3 levels of potassium combined with each other, totaling 12 treatments. The variables diameter at breast height (DBH) of bole, equivalent diameter (D_{eq}) of trees, total height (H_t) of trees, percentage of occurrence of single bole (F_u), commercial volume with bark per hectare ($V_{cb} \text{ ha}^{-1}$) and survival (Sobr.) were evaluated. For the sandy textured soil, ANOVA revealed a significant effect for the variable DAP of the boles and F_u . A mean $V_{cb} \text{ ha}^{-1}$ of 21.28 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 18.95 %) was observed; 81.78 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 20.11 %); 107.57 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 21.28 %); 121.85 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 20.63 %); 171.02 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 27.47 %); 216.68 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 29.59 %) and 254.06 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 30.06 %) at 2, 4, 5, 6, 8, 9 and 10 years of age, respectively. For the clayey textured soil, there was a significant effect of planting fertilization on the variable $V_{cb} \text{ ha}^{-1}$ and Sobr., with average volumes of 25.96 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 25.46 %); 85.07 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 18.18 %); 113.57 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 19.65 %); 132.01 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 22.80 %); 197.23 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 28.36 %); 243.21 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 32.10 %) and 257.79 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CV = 35.68 %) at 2, 4, 5, 6, 8, 9 and 10 years of age, respectively. The results indicate that *T. vulgaris* was undemanding in nutrients and, under the conditions of this study, a nutritional dose of 0 kg ha^{-1} of triple superphosphate and 172 kg ha^{-1} of potassium chloride is recommended in an area with yellow oxisol with texture sandy medium and 195 kg ha^{-1} of triple superphosphate and 343 kg ha^{-1} of potassium chloride in an area with yellow latosol of medium clayey texture.

Key words: Energy forest. Charcoal tree. Silvicultural treatment. Nutrition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição geográfica da espécie <i>Tachigali vulgaris</i> com divisão estadual e de biomas brasileiro.	15
Figura 2– Serrapilheira de plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> , no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	16
Figura 3 – Madeira de plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> aos 7 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	17
Figura 4 – Localização dos plantios experimentais de <i>T. vulgaris</i> em solos de textura arenosa (ARE) e argilosa (ARG), no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	25
Figura 5 – Exemplo do arranjo experimental das áreas dos plantios experimentais de <i>T. vulgaris</i> no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	28
Figura 6 – Média (\pm Desvio Padrão – DP) para DAP das diferentes doses de cloreto de potássio de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa aos 2 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	32
Figura 7 – Média (\pm DP) para DAP (cm) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	33
Figura 8 – Média (\pm DP) para D_{eq} (cm) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	34
Figura 9 – Média (\pm DP) da altura total (m) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	36
Figura 10 – Média (\pm DP) para volume comercial com casca ($m^3 ha^{-1}$) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	41
Figura 11 – Média (\pm DP) para sobrevivência (%) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	44
Figura 12 – Média (\pm DP) para DAP (cm) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	45
Figura 13 – Média (\pm DP) para D_{eq} (cm) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	47

Figura 14 – Média (\pm DP) para altura total (m) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	48
Figura 15 – Média (\pm DP) para volume comercial com casca ($m^3 ha^{-1}$) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	52
Figura 16 – Interações do volume comercial com casca ($m^3 ha^{-1}$) de <i>T. vulgaris</i> aos 4, 5 e 6 anos de idade.	54
Figura 17– Índice pluviométrico em série anual de 2010 a 2020 da região do distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará. Colunas representam valores de precipitação e barras de erro, o desvio padrão.	56
Figura 18 – Média (\pm DP) para sobrevivência (%) das diferentes doses de superfosfato triplo em um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura argilosa aos 2 e 4 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	57
Figura 19 – Interações da sobrevivência de <i>T. vulgaris</i> aos 5 e 6 anos de idade.	58
Figura 20 – Média (\pm DP) para sobrevivência (%) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	59
Figura 21 – Média (\pm DP) para DAP, D_{eq} , altura total, percentual de fuste único, volume comercial com casca por hectare e percentual de sobrevivência de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa e argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	61
Figura 22 – Comparação visual de plantios experimentais de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa e argilosa aos 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas e granulométricas (físicas) das áreas experimentais com <i>Tachigali vulgaris</i> nas regiões do Baixo Amazonas, em Monte Dourado, distrito do município de Almeirim, Pará.....	26
Tabela 2 – Adubos e dosagem (kg ha ⁻¹) nos diferentes tratamentos.	27
Tabela 3 – Resumo de p-valor da análise de variância para DAP (cm) de fustes de um plantio experimental de <i>Tachigali vulgaris</i> em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.	31
Tabela 4 – Resumo de p-valor da análise de variância para D _{eq} (cm) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.....	34
Tabela 5 – Resumo de p-valor da análise de variância para altura total (m) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.	35
Tabela 6 – Resumo de p-valor da análise de variância para porcentagem de ocorrência de fuste único de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.....	37
Tabela 7 – Valores médios de porcentagem de ocorrência de fuste único (%) em plantio de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade	38
Tabela 8 – Resumo de p-valor da análise de variância para volume comercial com casca por hectare (m ³ ha ⁻¹) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.....	40
Tabela 9 – Resumo de p-valor da análise de variância para sobrevivência (%) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade	43
Tabela 10 – Resumo de p-valor da análise de variância para DAP (cm) de fustes de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.	45
Tabela 11 – Resumo de p-valor da análise de variância para D _{eq} (cm) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.	46
Tabela 12 – Resumo de p-valor da análise de variância para altura total (m) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.	47

Tabela 13 – Resumo de p-valor da análise de variância para porcentagem de ocorrência de fuste único de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.....	49
Tabela 14 – Valores médios das interações significativas de porcentagem de ocorrência de fuste único (%) em plantio de <i>T. vulgaris</i> em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.....	50
Tabela 15 – Resumo de p-valor da análise de variância para volume comercial com casca por hectare ($m^3 ha^{-1}$) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.....	51
Tabela 16 – Resumo de p-valor da análise de variância da sobrevivência (%) de um plantio experimental de <i>T. vulgaris</i> em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.	57
Tabela 17 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para o DAP em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).....	75
Tabela 18 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para o D_{eq} em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).	75
Tabela 19 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para a altura total em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).....	75
Tabela 20 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para a porcentagem de ocorrência de fuste único em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).....	75
Tabela 21 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para o volume comercial com casca por hectare em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).....	76
Tabela 22 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para a porcentagem de sobrevivência em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).....	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Questões científicas	13
1.2 Hipóteses	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 A espécie <i>Tachigali vulgaris</i>	14
3.2 Efeito da adubação no crescimento das árvores e qualidade da madeira	19
3.3 Influência da textura do solo no desenvolvimento das árvores	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Caracterização da área experimental	24
4.2 Delineamento experimental	26
4.3 Variáveis analisadas	29
4.4 Análise estatística	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Efeitos da adubação no desenvolvimento de <i>Tachigali vulgaris</i>	31
5.1.1 Textura de solo arenosa	31
5.1.2 Textura de solo argilosa.....	44
5.2 Efeitos da textura do solo no desenvolvimento de <i>Tachigali vulgaris</i>	60
5.2.1 Textura de solo arenoso × argiloso.....	60
6 CONCLUSÃO	63
7 RECOMENDAÇÕES	64
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	75

1 INTRODUÇÃO

O Brasil concentra uma área de 9,6 milhões de hectares de florestas plantadas, da qual, espécies exóticas representam 96,3% deste total (IBGE, 2021). Levando em conta a ampla biodiversidade vegetal do país, pode-se afirmar que existe uma limitação no número de espécies nativas que são usadas com finalidade comercial. Esse quantitativo reduzido limita-se ainda mais quando se destina a matéria-prima madeireira para uso em determinados segmentos. Como exemplo, a madeira para fins energéticos é representada em sua maioria por espécies do gênero *Eucalyptus* (IBÁ, 2020).

A diversificação da produção de biomassa madeireira na Amazônia pode auxiliar no suprimento energético dos segmentos industriais locais e/ou regionais, como: polos oleiros, indústrias de painéis e de celulose, consumo urbano, agroindústrias, polo siderúrgico e termoelétricas isoladas. Na região amazônica existem 268 termoelétricas isoladas que utilizam predominantemente óleo diesel ou óleo combustível para a geração de eletricidade (EPE, 2019). Essas fontes não renováveis de energia são altamente intensivas nas emissões de poluentes, incluindo gases de efeito estufa. Nos estados da Amazônia brasileira, a geração de eletricidade a partir da biomassa é incipiente (em média 6.000 kW de potência) devido às dificuldades de obtenção de madeira de fontes sustentáveis e complexidades de logísticas (EPE, 2019).

Ademais, parte da madeira consumida para fins energéticos tem sua proveniência associada à extração ilegal de floresta nativa. Portanto, existe necessidade de ampliar o número de espécies para utilização comercial para produção de energia, o que pode favorecer a redução da pressão sobre estas florestas e pode mitigar efeitos das mudanças climáticas (IBÁ, 2020).

Por sua vez, os plantios florestais com finalidade energética visam uma produção sustentável, sem a obrigatoriedade de colher o produto anualmente, e a madeira sendo de múltiplo uso dentro do segmento energético, o que possibilita ao produtor vender o produto ao mercado mais atraente, maximizando sua rentabilidade (VIDAL & HORA, 2011, ORELLANA et al., 2018). Além de tudo, é importante destacar que optar por espécies nativas para uso energético pode significar uma alternativa mais vantajosa e adequada para pequenos produtores e plantios em menor escala (ORELLANA et al., 2018).

Dentre as espécies de potencial para produção de biomassa para fins energéticos, destaca-se uma espécie nativa da região amazônica, em razão das suas características ecológicas, silviculturais e tecnológicas que é identificada atualmente como *Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima, conhecida popularmente como tachi-branco, carvoeiro ou tachi-do-campo (FARIAS et al., 2016).

É uma espécie leguminosa arbórea abundante, que pode ser encontrada em uma vasta faixa geográfica, em condições edafoclimáticas diferentes, de alta resistência a perturbações ambientais, classificada como pioneira que inicia a sucessão secundária em áreas abertas e que possui capacidade de associar-se com bactérias do gênero *Rizhobium*, fixadoras de nitrogênio atmosférico (SILVA; GONÇALVES; SALES, 2016; STALLBAUN et al., 2016). Essas características resultam em rápido crescimento, alta capacidade de produção de biomassa e elevada taxa de formação de serrapilheira rica em nutrientes capazes de aumentar a matéria orgânica do solo (FARIAS et al., 2016).

A madeira de *T. vulgaris* apresenta características favoráveis para subsidiar produção de florestas energéticas, como confirmado em pesquisas dos últimos 38 anos, como elevada produtividade (até 43,2 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos 11 anos de idade), densidade básica da madeira aos sete anos considerada moderada (0,493 g cm⁻³ a 0,633 g cm⁻³), poder calorífico da madeira de 4.390 kcal kg⁻¹ a 4.567 kcal kg⁻¹ e poder calorífico do carvão vegetal de 7.690 kcal kg⁻¹ (TOMASELLI et al., 1983; SOUZA et al., 2008; FARIAS et al., 2016; ORELLANA et al., 2018; SILVA et al., 2021a). A madeira dessa espécie apresenta comportamento termoquímico durante a combustão e pirólise similar ao reportado na literatura para o lenho de *Eucalyptus* (SILVA et al. 2021b).

Portanto, o *T. vulgaris* pode ser uma alternativa ao *Eucalyptus* em plantios comerciais para implementação de culturas energéticas nativas da Amazônia destinadas à produção de lenha e carvão vegetal (SOUZA et al., 2008; FARIAS et al., 2016). Todavia, tão importante quanto às características de crescimento e de qualidade da madeira é o comportamento das espécies frente às diferentes intervenções ou métodos silviculturais, sendo fundamentais para o fornecimento de um plantio produtivo e com atributos de qualidade da biomassa para maximizar a conversão energética (SILVA; GONÇALVES; SALES, 2016).

Trabalhos científicos recentes como de Silva; Gonçalves; Sales (2016) e Simões et al., (2016) que abordam a adubação como intervenção silvicultural, têm apresentado elevada variação nas recomendações de adubação do *T. vulgaris* e com resultados controversos, justificando a necessidade de estudos mais aprofundados para preencher essa lacuna do sistema de produção da espécie. A adubação realizada de forma inadequada pode acentuar efeitos de déficit nutritivo sobre as plantas, principalmente em sítios com deficiência nutricional, reduzindo a produtividade florestal. Por outro lado, quantidades excessivas de nutrientes podem contaminar a planta e impactar em sua morte (WIRABUANA; SADONO; JUNIARSO, 2019).

Diante isto, o grande desafio da adubação do *T. vulgaris*, a qual poderá subsidiar futuras plantações em escala comercial, é determinar a dose ideal de adubo, tendo em vista que a

resposta pode variar dependendo de alguns fatores, como a textura do solo e precipitação. Desta forma, não existe um padrão para adubação, principalmente para as espécies nativas oriundas da região amazônica (SHEN et al., 2011; MOULIN; SILVA; VIDAURRE, 2020). A dose ideal de adubo pode ser determinada pela maior produtividade da planta usando vários tipos de variáveis indicadoras de crescimento, como: diâmetro, altura, volume, sobrevivência e ocorrência de fuste único (BASSACO et al., 2018).

Deste modo, é importante avaliar e conhecer o comportamento do crescimento do *T. vulgaris* em diferentes níveis de adubação, interações com diferentes texturas do solo e as implicações desses fatores a fim de auxiliar nas intervenções silviculturais dos plantios para maximizar a produtividade de biomassa para fins energéticos.

1.1 Questões científicas

- Questão 1: O desenvolvimento da madeira de *T. vulgaris* em plantações experimentais homogêneas é influenciado por diferentes doses de adubos fosfatados e potássicos?
- Questão 2: Qual textura de solo que proporciona maior crescimento de diâmetro, altura, volume, sobrevivência e ocorrência de fuste único de *T. vulgaris* em plantações?
- Questão 3: Há efeito da adubação e textura de solo na produção de volume de madeira ao longo da idade em cultivos homogêneos de *T. vulgaris*?
- Questão 4: Os parâmetros de crescimento de *T. vulgaris* são adequados para a sua aplicação bioenergética na Amazônia?

1.2 Hipóteses

- Hipótese 1: O desenvolvimento das árvores é elevado ao máximo com maiores doses de adubo.
- Hipótese 2: As texturas de solo (arenosa e argilosa) interferem no crescimento de diâmetro, altura, volume e sobrevivência das árvores.
- Hipótese 3: A produção de volume de madeira é maior e menos variável nas idades mais avançadas.
- Hipótese 4: Os índices de crescimento dendrométricos de *T. vulgaris* é aceitável para florestas energéticas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar o efeito de diferentes níveis de adubação, textura do solo e idade no desenvolvimento da espécie *Tachigali vulgaris* para compor florestas para fins energéticos.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar possíveis diferenças no crescimento em diâmetro, altura, volume, sobrevivência e ocorrência de fuste único das árvores *T. vulgaris* cultivadas em diferentes dosagens nutricionais, textura do solo e idade.
- Determinar a dosagem nutricional adequada em dois tipos de textura de solo para implantação de florestas energéticas de *T. vulgaris*.

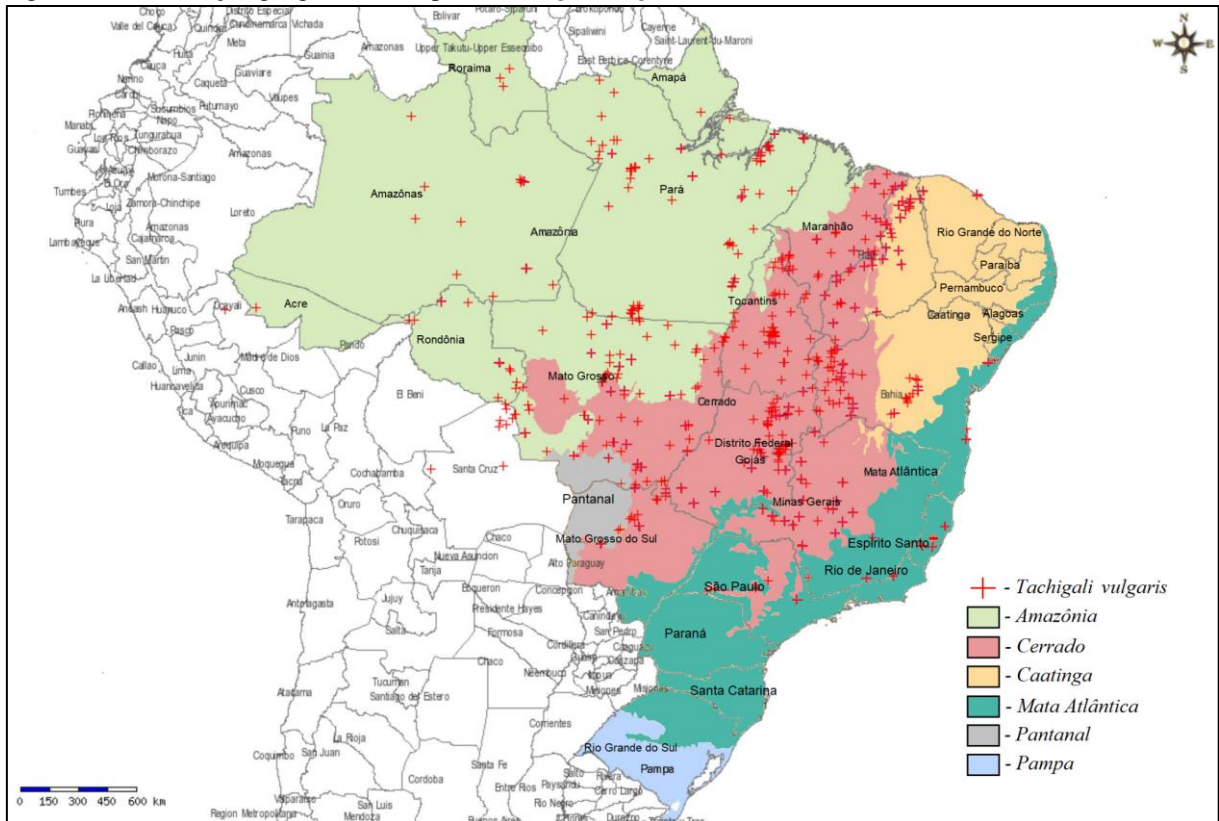
3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A espécie *Tachigali vulgaris*

O *Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima, popularmente conhecido como tachi-branco, carvoeiro, veludo, pau-pombo, justacontas, angá, cangalheiro e pau-fedorento, é uma espécie vegetal arbórea pertencente à família das leguminosas (Fabaceae). Seu nome é constantemente encontrado na literatura como *Sclerolobium paniculatum* Vogel, cuja alteração ocorreu pela inclusão do gênero *Sclerolobium* no gênero *Tachigali* (CARVALHO, 2005; MARTORANO et al., 2018).

É uma árvore nativa do continente sul-americano com ampla distribuição geográfica, condições climáticas e edáficas. No Brasil, ocorre distribuída em todos os estados do bioma Amazônia, até os estados do Piauí, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo e o no Distrito Federal (Brasília), além de ocorrer em parte de outros países da Amazônia geográfica, como Peru, Suriname, Guianas e Venezuela (CARPANEZZI; MARQUES; KANASHIRO, 1983; CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002; SOUSA et al., 2016; MARTORANO et al., 2018) (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição geográfica da espécie *Tachigali vulgaris* com divisão estadual e de biomas brasileiro.



Fonte: REDE SPECIESLINK (2021).

É uma espécie semidecídua, heliófila e pioneira que, frequentemente, inicia a sucessão em áreas perturbadas ou recém-perturbadas, favorecendo a sucessão secundária por meio de rápido crescimento e elevada produção de biomassa ($\pm 50 \text{ t ha}^{-1}$ no espaçamento $3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ aos 9 anos de idade) e germinação intensa de suas sementes no solo, formando grupos moderadamente densos (CASTRO; FARIAS NETO; CAVALCANTE, 1998; STALLBAUN et al., 2016).

Árvores de *T. vulgaris* possuem porte médio, alcançando crescimento acelerado de 8 m a 20 m de altura e 30 cm a 70 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) na sua fase adulta (idade onde a árvore começa a produzir flores e/ou frutos, na qual, é de 7 a 8 anos para o *T. vulgaris*), com incrementos médios anuais (IMA) de 2,2 m a 4,5 m em altura e 2,9 cm a 3,4 cm em DAP, sendo capaz de alcançar posições superiores do dossel em florestas secundárias (YARED, 1990; LIMA, 2004; SOUCHIE et al., 2011; COSTA; LIMA; FERREIRA, 2015). A espécie é caracterizada pelo rápido acúmulo volumétrico com incrementos que variam de $14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}$ a $38,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}$, nas idades de 2 anos e 5,5 anos, respectivamente (DIAS; BRIENZA JÚNIOR; PEREIRA, 1995). Em plantio experimental, essa espécie apresentou valores de IMA de $14,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos 5 e 8 anos de idade e uma taxa de mortalidade

variando de 6 % a 10 %, respectivamente (TONINI et al., 2018). Souza et al., (2008) encontraram IMA de $43,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos 11 anos de idade em área experimental em Manaus (Amazonas).

Esta espécie possui estrutura de copa que proporciona rápida cobertura do dossel. Com o sombreamento do solo, ocorre um controle natural de plantas invasoras devido à formação de serrapilheira, gerando economia nos tratos silviculturais do plantio (GOULART; SANTAROSA; PORFIRIO-DA-SILVA, 2015) (Figura 2).

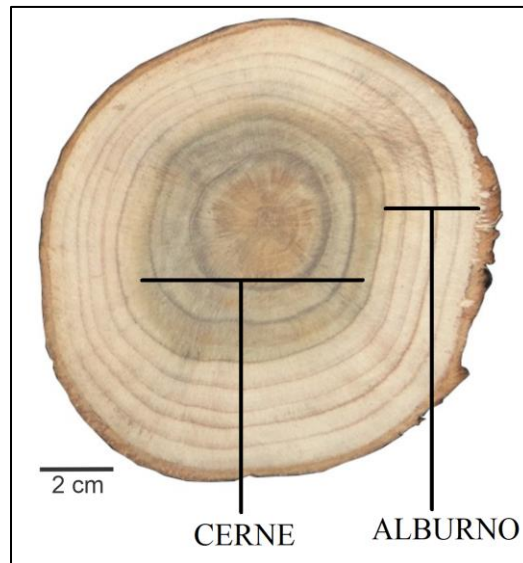
Figura 2– Serrapilheira de plantio experimental de *T. vulgaris*, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



Fonte: Autor (2021).

A madeira do *T. vulgaris* possui cerne e alburno distintos (Figura 3), cerne castanho, odor característico, gosto indistinto, textura fina, grã irregular, brilho pouco contrastado, densidade moderada ($\pm 0,645 \text{ g cm}^{-3}$) e boa estabilidade (ROLIM & PIOTTO, 2018). Possui resistência aos cupins do gênero *Nasutitermes* e ao fungo *Postia placenta* quando comparado à madeira de espécies do gênero *Pinus* (STALLBAUN et al., 2016; STALLBAUN et al., 2017).

Figura 3 – Madeira de plantio experimental de *T. vulgaris* aos 7 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



Fonte: Autor (2021).

O *T. vulgaris* é considerado uma espécie de uso múltiplo, proporcionando benefícios ambientais e quanto econômicos. Em relação a este último, sua madeira pode ser matéria-prima para diversos segmentos industriais, o que favorece a maior utilização de espécies nativas em reflorestamentos e subsidia alto valor comercial proveniente de florestas naturais (TONINI et al., 2018).

Como apoio ambiental, esta espécie pode ser utilizada em plantios homogêneos ou mistos em solos perturbados ou degradados, visando à recuperação de áreas degradadas, além de sistemas agroflorestais, devido sua rusticidade para se desenvolver em regiões de baixa fertilidade química (CASTRO et al., 1998; BRIENZA JÚNIOR et al., 2011; SILVA; GONÇALVES; SALES, 2016; SIMÕES et al., 2016).

Seus habitats principais são cerradões de solos arenosos e ácidos (LIMA, 2004; SARCINELLI et al., 2004; OLIVEIRA; VALE; MELO, 2006). Em conformidade com a literatura, Farias et al. (2016) e Martorano et al. (2018) indicaram o *T. vulgaris* na recuperação de áreas antropizadas na Amazônia devido sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio, pois possuem habilidade de associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, o que resulta na melhoria das propriedades do solo.

Além disso, devido ao seu rápido crescimento, produtividade volumétrica e baixa mortalidade, o *T. vulgaris* desenvolve elevada produção, deposição e estoque de biomassa no solo (serrapilheira) em curto espaço de tempo, beneficiando o aumento da fertilidade com matéria orgânica, conforme verificado em um povoamento desta espécie no Amapá, cujo valor

foi de 9.646 kg ha⁻¹ de material orgânico, superior ao encontrado para uma floresta secundária na mesma área (4.474 kg ha⁻¹), além do suporte do aumento de quantidades de nutrientes ao solo: 64,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 47,9 kg ha⁻¹ de cálcio e 23,4 kg ha⁻¹ de potássio e aumento de 47,5 % no teor de matéria orgânica do solo devido à decomposição de serrapilheira (MOCHIUTTI et al., 1998; MOCHIUTTI; QUEIROZ; MELÉM JUNIOR, 2006).

Sua madeira é o principal produto de comercialização, em que seu fornecimento é comumente utilizado na produção de energia pelas indústrias e pelas comunidades tradicionais na Amazônia, como carvão vegetal e lenha (STALLBAUN et al., 2016; MARTORANO et al., 2018). Durante muito tempo sua madeira tem sido recomendada para carvoaria, o que originou um de seus nomes populares – carvoeiro (ROLIM & PIOTTO, 2018).

Sua ecologia, como boa adaptação ao ambiente principalmente aos solos pobres e ácidos como os da Amazônia, altas produtividades e qualidade da madeira adequada, por exemplo, densidade básica, teores de lignina, carbono fixo, materiais voláteis e cinzas, fazem com que esta espécie possa ser indicada para a produção energética (BARCELLOS et al., 2005).

Segundo Lima (2004), a madeira do *T. vulgaris* é similar àquela do eucalipto quanto aos rendimentos gravimétricos e volumétricos do processo de carbonização, além de grande importância ecológica e econômica que ela representa para a região amazônica. A densidade básica média de sua madeira varia de 0,499 g cm⁻³ a 0,716 g cm⁻³, o poder calorífico é considerado alto (19,16 MJ kg⁻¹ a 20,14 MJ kg⁻¹) (OLIVEIRA et al., 2008; SILVA; VALE; MIGUEL, 2015; ORELLANA et al., 2018) e a relação cerne/alburno média é de 1,06 aos sete anos (SILVA et al., 2021a).

Em relação à composição química imediata da madeira, o *T. vulgaris* possui concentrações médias de 21,0 % e 0,39 % para os teores de carbono fixo e cinzas, respectivamente (VALE; BRASIL; LEÃO, 2002). Silva et al. (2021a) encontraram valores de 0,75 %, 6,3 %, 42,6 %, 49,8 %, 0,02 % para os teores de N, H, O, C, S na madeira, respectivamente e 78,54 %, 21,0 % e 0,49 % de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas, respectivamente, no processo de combustão da madeira.

Os resultados reportados na literatura para a composição química da madeira de árvores jovens de *T. vulgaris* indicam similaridade com o amplamente divulgado para clones de *Eucalyptus* utilizados na geração de energia térmica, elétrica e produção de carvão vegetal. Nesse aspecto, Silva et al. (2021b) afirmaram que a semelhança dos parâmetros da combustão e da pirólise da madeira de *T. vulgaris* com a lenha proveniente de clones de *Eucalyptus* reforça o potencial energético desta espécie nativa. No entanto, faz-se necessário o desenvolvimento

do sistema de produção do *T. vulgaris* e, dentre as várias práticas silviculturais que necessitam ser investigadas, destaca-se a adubação e seus efeitos na produtividade e qualidade da biomassa.

3.2 Efeito da adubação no crescimento das árvores e qualidade da madeira

No Brasil, diversas espécies florestais costumam ser cultivadas em solos com baixa fertilidade devido ser usual a destinação de plantios florestais em solos degradados, fator esse que pode modificar o desenvolvimento das árvores e a qualidade da madeira em plantios comerciais. Desta forma, a adubação se torna prática indispensável para manter o balanço de nutrientes e garantir a produtividade dos plantios. Por consequência, as plantações florestais no país são dependentes do entendimento da interação dos minerais, de seu efeito e de sua recomendação no desenvolvimento das árvores e nas características da madeira (EPRON et al., 2012; CASTRO et al., 2020).

A prática silvicultural de adubação, quando não realizada de forma adequada ou quando efetivada de forma empírica, pode proporcionar efeitos nutricionais negativos sobre as árvores, sobretudo considerando que os plantios são realizados em diferentes sítios, sendo capaz de reduzir a produtividade da espécie (ASSIS et al., 2018). Para Silva et al. (2019), essa prática pode afetar principalmente o balanço hídrico das árvores e interferir na sua resistência à seca, pois essa função está associada ao nutriente potássio.

Para tanto, considerando a madeira como produto do crescimento da árvore, fatores que afetam a taxa de crescimento também podem influenciar a anatomia do lenho e, conseqüentemente, os seus atributos de qualidade, como a densidade. Assim, a aplicação de tratamentos silviculturais, como a adubação, possui elevado impacto na qualidade da madeira. Castro et al. (2020) e Silva et al. (2019) destacaram que a fertilização pode influenciar positivamente, ao aplicar a dosagem necessária, quanto negativamente, ao aplicar de forma empírica, principalmente nos parâmetros de produtividade, características energéticas e físico-mecânicas da biomassa e dos produtos derivados, como o carvão vegetal, sendo necessários estudos para obtenção da dosagem de recomendação conforme o uso da madeira.

Tal recomendação silvicultural deve levar em consideração a adoção de fontes de nutrientes por meio da adubação mineral ou orgânica (BIAGIOTTI et al., 2017) fazendo com que o solo forneça todos os nutrientes em quantidades necessárias para a obtenção do crescimento desejado para árvore (BENITES et al., 2010). Para a adequada nutrição das árvores, deve-se balancear sua demanda que geralmente é característica genética com a oferta

de nutrientes, pois as características e quantidade de adubos a serem aplicados dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de suas interações (RYAN, 2010).

A adubação não deve ser realizada de modo empírico e é fundamental a diversificação da formulação de nitrogênio, fósforo e potássio, com a dependência do tipo solo, da espécie e da época de plantio (BENITES et al., 2010). A adição de fertilizantes deve ser, pelo menos, igual à removida do sítio pela colheita da madeira para que a produtividade seja mantida e os princípios básicos da sustentabilidade florestal atendidos (MELO et al., 2016).

Apesar de os plantios com *T. vulgaris* serem normalmente realizados em solos com baixa fertilidade natural, devido suas características ecológicas e silviculturais, muitas vezes, pode ocorrer o manejo inadequado do solo, devido à ausência de informações na literatura, diminuindo seu potencial produtivo (LIMA, 2004; OLIVEIRA; VALE; MELO, 2006).

Dois artigos científicos específicos sobre adubação de *T. vulgaris* ao longo dos últimos 14 anos foram encontrados na literatura. Oliveira et al. (2008) afirmaram que a adubação não influenciou a produção de biomassa seca e poder calorífico superior da madeira de *T. vulgaris*. Corroborando com este resultado Silva; Gonçalves; Sales (2016), afirmaram que não houve diferença significativa de altura e diâmetro do *T. vulgaris* quando comparadas diferentes doses combinadas de fósforo e potássio. Porém, alguns trabalhos científicos recentes, os quais possuem como objeto de estudo a produtividade e qualidade da madeira do *T. vulgaris*, utilizaram adubações empíricas, como o de Silva et al. (2021a) e Rodrigues et al. (2020), em que utilizaram como adubação 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O e 85 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O na formulação 6-30-6 e 15-0-30 para o primeiro e segundo anos de plantio, respectivamente. Tonini et al. (2018) utilizaram a seguinte adubação: 60-90-60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, com a adição de 24 kg ha⁻¹ de S, 2 kg ha⁻¹ de B e 2,5 kg ha⁻¹ de Zn. Portanto, verifica-se certa variação de adubação utilizada para *T. vulgaris* e com resultados controversos, justificando a necessidade de estudos mais aprofundados para preencher essa lacuna do sistema de produção da espécie, além disso, muitos estudos sobre essa espécie estão se intensificando atualmente.

Embora o *T. vulgaris* seja considerado adaptado à baixa disponibilidade de nutrientes para se desenvolver, é indispensável à adoção de práticas de manejo e correção da fertilidade do solo em áreas cultivadas, a fim de elevar a produtividade dos sítios florestais ou, pelo menos, mantê-la para rotações futuras (SOUSA et al., 2016).

Segundo Melo (2002) e Assis et al. (2018), fertilizantes utilizados em área de latossolo, como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, podem influenciar diretamente no

crescimento em altura, área basal e volume do *T. vulgaris*, contudo, podem não apresentar efeito algum sobre outras variáveis, como algumas características energéticas.

Nos vegetais, o nitrogênio (N) faz parte da composição dos aminoácidos que formam as proteínas e faz parte da molécula de clorofila, que controla a fotossíntese. O fósforo (P) possui papel vital na fotossíntese, funcionando na captura e transferência de energia para as ligações químicas. Além disso, os tecidos meristemáticos das plantas têm alta concentração de P, e os materiais genéticos, DNA e RNA, são construídos ao redor da estrutura de átomos de P. Ao mesmo tempo, o P exerce papel fundamental no metabolismo dos açúcares e amidos, todos críticos nos processos de divisão celular e crescimento (REETZ, 2017).

O potássio (K) é encontrado em todas as células vivas, regula o fluxo de água e outros materiais através das membranas celulares e ajuda a regular grande variedade de processos químicos e enzimáticos. Portanto, o potássio por si só não forma qualquer composto químico nas plantas, mas atua no balanço iônico das cargas elétricas por se movimentar para dentro e para fora através das membranas celulares (REETZ, 2017).

Dentre as espécies mais cultivadas no Brasil, como as do gênero exótico *Eucalyptus*, que também são pouco exigentes quanto à fertilidade do solo, existem alguns nutrientes que proporcionam maior resposta em crescimento em seus povoamentos, sendo $P > N > K$ (GONÇALVES, 1995). A recomendação de adubação máxima em valores absolutos utilizada para o *Eucalyptus* spp. no estado do Pará, levando em consideração as análises de solo do Estado, é de 70, 100 e 130 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (ROCHA et al., 2020).

Barros et al. (1981) verificaram que a aplicação de NPK às plantas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de *Eucalyptus saligna* Sm. (Sidney blue gum) resultou em aumento no volume (m³ ha⁻¹) de 30 % a 350 %, respectivamente, em comparação com o das plantas não adubadas. Por outro lado, Oliveira; Moraes; Buzetti (2001) não encontraram efeito significativo avaliando o efeito da adubação NPK no crescimento em volume de *Corymbia citriodora* Hook..

Portanto, entende-se que até para a espécie mais difundida na literatura, com melhoramentos genéticos mais avançados em plantios comerciais, existe variação na indicação de adubação devido às condições do sítio e das demandas nutricionais do genótipo utilizado. Desta forma, não existe um padrão de adubação definido para cada espécie, principalmente para as nativas oriundas da região amazônica como o *T. vulgaris*. Apesar dos estudos realizados sobre o crescimento em plantios estabelecidos, há informações bastante difusas quanto ao crescimento ou uso de nutrientes para acelerar o crescimento da espécie de *T. vulgaris* ou sobre

as implicações que tais práticas podem exercer sobre sua qualidade da madeira, sendo necessários estudos que aprofundem nesta temática.

3.3 Influência da textura do solo no desenvolvimento das árvores

O desenvolvimento (crescimento, produção e qualidade) das árvores é dependente de fatores genéticos, qualidade do solo e ambiente. O primeiro em alguns casos possibilita a associação da planta com microrganismos (micorrizas), permite a resistência ao ataque de pragas e doenças, além de possibilitar resistência à competição, podendo ser um fator determinante no desenvolvimento da árvore. Porém, maior consideração tem sido dada a qualidade do solo e ambiente (COUTO & BRITO, 1990; CARVALHO et al., 1999).

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade deste em funcionar dentro do ecossistema de maneira que sustente a produtividade biológica, mantenha a qualidade ambiental e promova a saúde das plantas e animais (SILVA et al., 2020). Por isso, esse conceito é extremamente dependente de fatores externos, podendo ser inferido a partir da medição de atributos das plantas, sendo quantitativos ou qualitativos. Normalmente, a qualidade do solo é citada pelos seus índices de qualidade, como os atributos físicos, químicos e biológicos (FREITAS et al., 2012a; ROUSSEAU et al., 2013).

De acordo com Gonçalves; Demattê; Couto (1990), o crescimento e a produtividade dos povoamentos florestais relacionam-se mais com as propriedades físicas do que com as propriedades químicas e biológicas do solo, principalmente com aquelas relacionadas com a capacidade de retenção e armazenamento de água.

Das propriedades físicas do solo, a resistência à penetração das raízes, a textura, a densidade, a agregação, a distribuição e o tamanho de poros são considerados como fatores que podem afetar o crescimento das plantas direta ou indiretamente (LETEY, 1985). A textura é considerada a mais importante, sendo definida especificamente pela distribuição das classes de tamanho das partículas sólidas do solo, como areia, silte e argila (SOUSA et al., 2018).

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (2008), a textura do solo refere-se à distribuição quantitativa das classes de tamanho das partículas que compõe o solo. A textura depende das características do material que o originou e dos agentes de formação do solo e influi sobre os agregados e estrutura do solo, como retenção de água, arejamento, resistência à penetração das raízes, capacidade e troca de cátions (CTC), porosidade e densidade do solo.

A textura do solo está relacionada com a taxa de infiltração de água, aeração, capacidade de retenção de água, nutrição, como na aderência ou força de coesão das partículas do solo.

Dentre os fatores edáficos, a textura pode exercer grande influência na qualidade do solo (LORENZO, 2010). Para Araújo & Monteiro (2007), a textura associada à qualidade do solo é aquela que permite a infiltração, retenção e disponibilização de água às plantas, possibilitando trocas de calor e gases com a atmosfera e as raízes das plantas, tornando possível o crescimento radicular.

Nesse contexto, segundo Brady & Weil (2013), os solos arenosos possuem menor quantidade de matéria orgânica quando comparados aos demais solos e, conseqüentemente, apresentam menor capacidade de troca de cátions. Isso implica em baixa capacidade de adsorção de cátions, influenciando diretamente as reações de troca entre o sistema radicular e o complexo coloidal.

Além disso, a capacidade de retenção de água e a drenagem são diretamente dependentes da textura, a qual pode ser considerada, individualmente, como a característica que mais influencia na capacidade produtiva dos povoamentos florestais (CARVALHO et al., 1999). A textura do solo arenosa permite reduzido desenvolvimento de agregados (possui força de coesão fraca entre partículas minerais e orgânicas), como a matéria orgânica, umidade e microrganismos, fazendo com que ocorra menor interação entre esses fatores no solo, impactando na disponibilidade de nutrientes, refletindo diretamente no crescimento da árvore e qualidade da madeira (SILVA et al. 2012).

Por conseqüência, a textura do solo pode interferir no crescimento das árvores e propriedades da madeira. Como constatado por Rigatto; Dedeczek; Matos (2004), madeiras de *Pinus taeda* L. provenientes de sítios com textura mais argilosa, que possuem crescimento mais elevado, apresentavam menores valores de densidade básica da madeira, menor teor de holocelulose e celulose, traqueídeos mais curtos e largos, com parede celular fina e com diâmetro do lúmen maior e menor rendimento em celulose. De forma similar, Tsoumis & Panagiotidis (1980) observaram que as madeiras provenientes de sítios com ritmo de crescimento elevado e textura do solo mais argilosa apresentavam menores valores de densidade básica.

Rigatto; Dedeczek; Mattos (2005) verificaram que os solos de textura argilosa, independente da classe a que pertenciam, proporcionaram maiores produtividades de *Pinus taeda*, podendo ser decorrente da maior fertilidade do sítio em que foi plantado, em que os atributos químicos do solo foram muito mais importantes que os físicos. Resultados análogos foram encontrados por Bognola et al. (2010), os quais verificaram maior incremento médio anual de *Pinus taeda* em solos com maior teor de argila.

Perante o contexto, percebe-se que a textura do solo pode interferir nas características de crescimento, bem como na qualidade da madeira a depender das exigências da espécie. Diante disto, torna-se de fundamental importância conhecer o comportamento do *T. vulgaris* frente a este parâmetro, no qual possibilitará uma base de conhecimento mais específico quanto aos atributos do solo exigidos por esta espécie.

4 MATERIAL E MÉTODOS

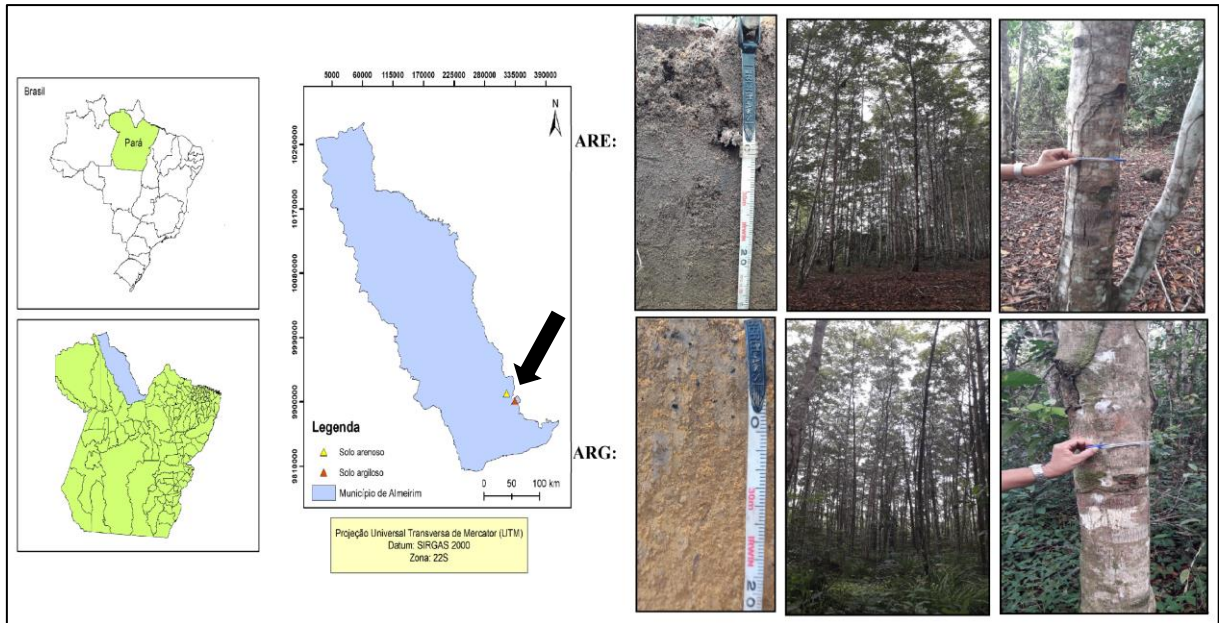
4.1 Caracterização da área experimental

Este estudo foi desenvolvido em duas áreas experimentais cedidas à Embrapa Amazônia Oriental, possuindo aproximadamente 1,6 ha cada uma, com plantios homogêneos de *Tachigali vulgaris*, pertencentes à empresa Jari Celulose S.A., localizada na região do Baixo Amazonas, em Monte Dourado, distrito do município de Almeirim – Pará.

Em ambas as áreas experimentais o espaçamento de plantio foi de 3 m × 2 m, totalizando 1.667 árvores ha⁻¹. Para produção das mudas foram utilizadas sementes a partir do mix de sementes coletadas em árvores matrizes oriundas de floresta nativa dos municípios de Santarém, Belterra e Almeirim, estado do Pará. Além disso, sementes do município de Macapá no estado Amapá foram utilizadas.

Uma das áreas experimentais está localizada sobre latossolo amarelo de textura média arenosa (ARE), com 135 m de altitude e coordenadas geográficas centrais de 0°47'17,13" S e 52°37'8,32" O. A outra área tem o solo classificado como latossolo amarelo de textura argilosa (ARG), encontra-se a uma altitude de 110 m, com coordenadas geográficas centrais de 0°53'29,30" S e 52°29'15,09" O. A distância em linha reta entre elas é de, aproximadamente, 22 km (Figura 4).

Figura 4 – Localização dos plantios experimentais de *T. vulgaris* em solos de textura arenosa (ARE) e argilosa (ARG), no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



Fonte: Autor (2021).

O clima da região é classificado como Am, segundo classificação de Köppen-Geiger, com características intermediárias entre Af e Aw, cujo regime pluviométrico caracteriza-se por uma curta estação seca, entre os meses de agosto e dezembro e uma estação chuvosa entre os meses de janeiro a julho. A precipitação média anual registrada varia de 1.970 mm a 2.300 mm. A temperatura média anual apresenta variação de 22,4 °C a 27,2 °C e a umidade relativa do ar indica média anual de 54 % (DEMOLINARI et al., 2007; CASTRO et al., 2018).

Anteriormente à instalação dos experimentos, as áreas foram ocupadas por plantios de *Eucalyptus sp.* Em 2010, ocorreu a implantação dos experimentos, antes da qual foram levantadas as características químicas e granulométricas (físicas) do solo nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm conforme a Tabela 1, utilizando a metodologia da EMBRAPA (1997).

Tabela 1 – Características químicas e granulométricas (físicas) das áreas experimentais com *Tachigali vulgaris* nas regiões do Baixo Amazonas, em Monte Dourado, distrito do município de Almeirim, Pará.

Textura	Prof. (cm)	Física (g kg ⁻¹)			pH	Química								
		Areia	Silte	Argila		MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K Ca Mg (mmol dm ⁻³)			H+Al	Al	CTC	V%
Argilosa	0 – 10	195	195	674	4,2	21,5	3,1	0,5	5,3	3,0	56	11,1	64,8	13,6
	10 – 20	158	108	734	4,1	14,8	1,9	0,2	3,6	1,7	50	11,1	55,8	9,8
	20 – 40	105	156	739	4,0	11,3	0,7	0,2	3,5	1,6	45	11,6	50,3	10,5
Arenosa	0 – 10	804	55	105	4,0	11,1	5,6	0,3	1,5	0,6	47	12,7	49,4	4,8
	10 – 20	856	11	133	4,1	10,5	5,9	0,2	1,4	0,6	48	12,7	50,3	4,4
	20 – 40	804	26	170	4,2	9,5	3,3	0,2	1,4	0,6	43	11,7	45,2	4,9

Prof. – profundidade; pH – potencial hidrogeniônico; MO – matéria orgânica; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; H+Al – acidez potencial; Al – alumínio; CTC – capacidade de trocas catiônicas; V% – saturação por base.

Fonte: O autor (2010).

Como operações de preparo do solo, a limpeza química manual com herbicida pós-emergente e a correção da acidez do solo com calcário aplicado em área total foram realizadas, utilizando dose de 1.500 kg ha⁻¹, com 30 dias de antecedência ao plantio das mudas.

4.2 Delineamento experimental

A adubação foi o que se pretendeu avaliar neste experimento, principalmente as recomendações de fósforo e potássio. Para isso testou-se a dose 0 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 160 kg ha⁻¹ e 320 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 199 kg ha⁻¹ de K₂O. Para o nitrogênio utilizou-se apenas uma dosagem inicial de apoio, tendo em vista que o *T. vulgaris* dispõe da fixação biológica deste nutriente, sendo dose de 21 kg ha⁻¹ de N.

Como fonte de fósforo, o insumo utilizado foi o superfosfato triplo (41 % de P₂O₅), aplicado no fundo da cova durante o plantio. Como fonte de potássio, o cloreto de potássio foi utilizado (58% de K₂O), aplicado 40 % aos 20 dias após o plantio e 60 % aos 90 dias após o plantio. Finalmente, o sulfato de amônio (21 % de N) aplicado em dosagem única foi utilizado como fonte de nitrogênio.

Para estabelecer os tratamentos testados, utilizaram-se como base valores próximos dos recomendados para plantios de *Eucalyptus* no estado do Pará, devido ser referência com o maior número de plantios comerciais e abundantes informações na literatura científica sobre adubação para plantios deste gênero, sendo os valores absolutos de 70 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 130 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (ROCHA et al., 2020).

O total de 12 tratamentos foram estabelecidos, sendo o tratamento 1 a testemunha, em que os teores de fósforo e potássio são nulos, e os demais foram constituídos de combinações de dosagem desses fertilizantes, como é demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Adubos e dosagem (kg ha^{-1}) nos diferentes tratamentos.

Trat.	Siglas	Nitrogênio		Fósforo		Potássio			
		Sulfato de Amônio (kg ha^{-1})	N (kg ha^{-1})	Superfosfato Triplo (kg ha^{-1})	P_2O_5 (kg ha^{-1})	Cloreto de Potássio (kg ha^{-1})		K_2O (kg ha^{-1})	
		20 Dias após o plantio		Durante o plantio, no fundo da cova		20 dias após o plantio	90 dias após o plantio	Total	Total
1	0-P + 0-K	100	21	0	0	0	0	0	0
2	0-P + 172-K	100	21	0	0	69	103	172	100
3	0-P + 343-K	100	21	0	0	137	206	343	199
4	195-P + 0-K	100	21	195	80	0	0	0	0
5	195-P + 172-K	100	21	195	80	69	103	172	100
6	195-P + 343-K	100	21	195	80	137	206	343	199
7	390-P + 0-K	100	21	390	160	0	0	0	0
8	390-P + 172-K	100	21	390	160	69	103	172	100
9	390-P + 343-K	100	21	390	160	137	206	343	199
10	780-P + 0-K	100	21	780	320	0	0	0	0
11	780-P + 172-K	100	21	780	320	69	103	172	100
12	780-P + 343-K	100	21	780	320	137	206	343	199

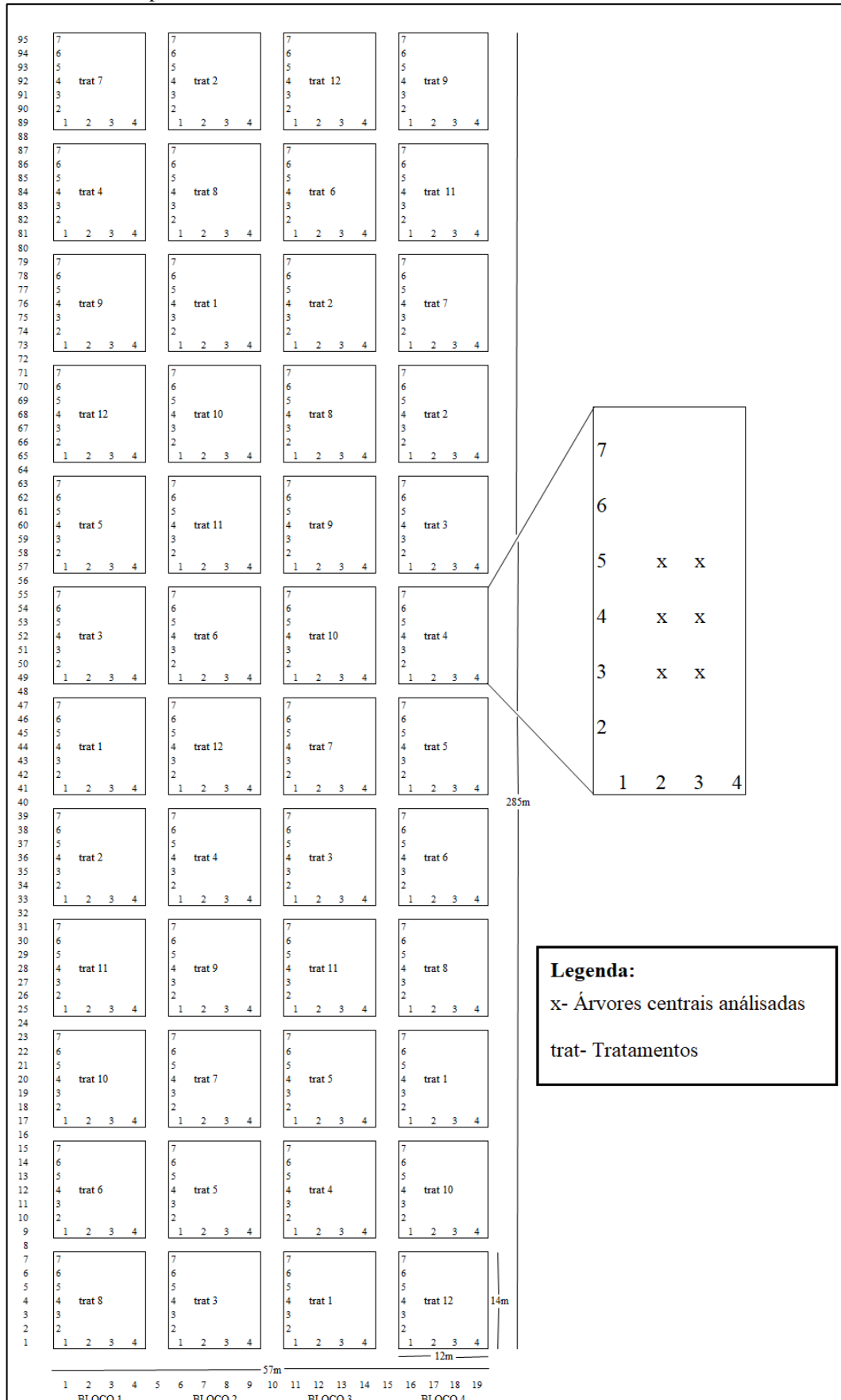
Trat. – Tratamentos.

Siglas – Referente à dose do fertilizante.

Fonte: O autor (2010).

Os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados sob estrutura fatorial, com quatro blocos, cujos tratamentos são 4 níveis de fósforo (P) e 3 níveis de potássio (K) combinados entre si, totalizando 12 tratamentos e 48 parcelas em cada área experimental (Figura 5). As parcelas foram constituídas por quatro linhas com sete plantas cada, totalizando área de 168 m^2 ($12 \text{ m} \times 14 \text{ m}$) com 28 plantas, das quais, apenas as seis árvores centrais foram medidas e o restante considerado bordadura.

Figura 5 – Exemplo do arranjo experimental das áreas dos plantios experimentais de *T. vulgaris* no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



Fonte: O autor (2021).

4.3 Variáveis analisadas

As plantas foram monitoradas aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade. Aos 3 e 7 anos de idade não foram realizadas coletas de dados por razões operacionais da empresa responsável pelas medições. As variáveis analisadas foram os parâmetros quantitativos dendrométricos de diâmetro à altura do peito (DAP, medindo a 1,30 m do solo) dos fustes em cm, diâmetro equivalente (D_{eq} , 1,30 m do solo) das árvores em cm; altura total (H_t) das árvores em m (para as árvores bifurcadas foi considerada a maior altura entre todos os fustes); ocorrência de fuste único (F_u) em porcentagem (%) e parâmetros populacionais de volume comercial com casca por hectare (V_{cc} ha⁻¹) (considerando a altura comercial à circunferência de até 15 cm) em m³ ha⁻¹ e sobrevivência (Sobr.) das árvores em porcentagem (%).

Inicialmente, das unidades experimentais instaladas, foi mensurada a circunferência à altura do peito (CAP, 1,30 m do solo), em cm, com fita métrica, convertida posteriormente em DAP pela expressão $DAP = CAP/\pi$. Foi também obtida a H_t com o clinômetro Suunto®.

Para análise do DAP, D_{eq} e H_t foram utilizadas as médias por parcela conforme descritas por Soares; Paulo Neto, Souza (2011).

Com os dados de D_{eq} e H_t , o volume comercial com casca individual (V_{ci}) de cada árvore foi estimado por meio da equação 1 (RAMOS et al., 2021). A equação foi ajustada baseando-se no modelo matemático de Schumacher-Hall, que apresentou os melhores resultados conforme as estatísticas de avaliação de ajuste dentre diferentes modelos testados, sendo maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e menor erro padrão da estimativa percentual ($S_{yx}\%$). A equação utiliza o D_{eq} (diâmetro único estimado a partir da área basal do indivíduo, resultante da soma das áreas basais de todos os fustes, para os indivíduos que apresentaram múltiplos fustes), obtido pela expressão $D_{eq} = \sqrt{\sum DAP^2}$, por ter maior acurácia para o estudo de *T. vulgaris* que apresentam fuste perfilhado, enquanto para os fustes que não apresentam bifurcação, o D_{eq} é o próprio DAP (SOUZA et al., 2016).

$$V_{ci} = \exp[-9,164635 + 1,912123 \times \ln(D_{eq}) + 0,751405 \times \ln(H_t)] \quad (\text{Equação 1})$$

$$R^2_{aj} = 0,95$$

$$S_{yx}\% = 9,40$$

Em que: V_{ci} = volume comercial com casca individual (até circunferência de 15 cm) estimado para a árvore da parcela, em m³; exp= exponencial; Ln= logaritmo natural; D_{eq} = diâmetro equivalente (cm); H_t = altura total da árvore, em m (para as árvores bifurcadas foi considerada a maior altura entre todos os fustes); R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$ = erro padrão da estimativa, em porcentagem.

Após a estimativa do volume comercial com casca individual (V_{ci}), os volumes comerciais das 6 árvores centrais foram somados, considerado como volume comercial da parcela e, em seguida, foram convertidos em estimativa amostral para hectare, multiplicando-os pelo fator de proporcionalidade (F), calculado pela expressão $F = A/a$ (A = área de um hectare, em m^2 ; a = área útil das 6 árvores amostradas, em m^2), conforme equação 2.

$$V_{cc} \text{ ha}^{-1} = \left(\sum_{i=1}^n v_{ci} \right) \cdot F \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: $V_{cc} \text{ ha}^{-1}$ = volume comercial com casca por hectare, em $m^3 \text{ ha}^{-1}$; V_{ci} = volumes individuais; F = fator de proporcionalidade.

A porcentagem de ocorrência de fuste único foi calculada conforme equação 3.

$$F_{u.} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: $F_{u.}$ = porcentagem de ocorrência de fuste único (%); U_i = árvores com fuste único; n = total de árvores vivas analisadas na parcela considerando as 6 árvores.

A sobrevivência de árvores foi avaliada pelo total de sobreviventes em relação ao total de árvores analisada na parcela, conforme equação 4.

$$\text{Sobr.} = \frac{\sum_{i=1}^n A_v}{n} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: Sobr.= sobrevivência de árvores (%); A_v = árvores vivas; n = total de árvores vivas analisadas na parcela.

4.4 Análise estatística

Para verificar a validade das análises de variância, as hipóteses básicas de homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos foram testadas, pelo teste de Bartlett e teste de Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente, realizou-se a análise de variância (ANOVA), em esquema fatorial duplo (4 níveis de fósforo e 3 níveis de potássio) na qual obteve-se resultado em p-valor e o coeficiente de variação experimental (CV_e) obtido pela seguinte expressão $CV_e = \frac{\sqrt{\text{quadrado médio dos resíduos}}}{\text{média geral dos tratamentos}} \times 100$. Em caso de detecção de efeito significativo dos diferentes níveis de adubação, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott. Para todos os testes, adotou-se a significância de 5 %. Análises independentes

foram realizadas, em ambas as áreas experimentais e idades. Para as análises, utilizou-se o programa estatístico Rstudio® versão 3.4.3 e o pacote easyanova (ARNHOLD, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeitos da adubação no desenvolvimento de *Tachigali vulgaris*

5.1.1 Textura de solo arenosa

Os dados analisados apresentaram homogeneidade das variâncias e distribuição normal, conforme observado nos apêndices (Tabelas 17 a 22). A análise de variância pelo teste F ($p > 0,05$) para o DAP dos fustes da espécie *Tachigali vulgaris* revelou que houve efeito significativo da adubação aos 2 anos de idade na fonte de variação de cloreto de potássio. Aos 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade não houve efeito significativo em nenhuma fonte de variação, conforme observado na Tabela 3.

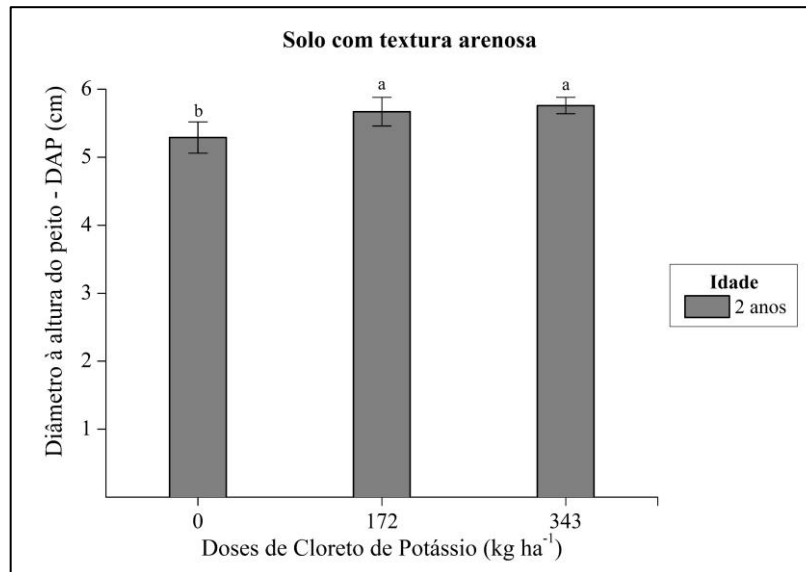
Tabela 3 – Resumo de p-valor da análise de variância para DAP (cm) de fustes de um plantio experimental de *Tachigali vulgaris* em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,1645 ^{ns}	0,6045 ^{ns}	0,7117 ^{ns}	0,5723 ^{ns}	0,8475 ^{ns}	0,8142 ^{ns}	0,8349 ^{ns}
K	2	0,0212 [*]	0,0733 ^{ns}	0,1378 ^{ns}	0,1854 ^{ns}	0,1320 ^{ns}	0,0848 ^{ns}	0,0785 ^{ns}
P × K	6	0,8424 ^{ns}	0,4894 ^{ns}	0,3497 ^{ns}	0,3422 ^{ns}	0,0543 ^{ns}	0,0637 ^{ns}	0,0611 ^{ns}
Blocos	3	0,1851 ^{ns}	0,2383 ^{ns}	0,1795 ^{ns}	0,4116 ^{ns}	0,9382 ^{ns}	0,9119 ^{ns}	0,7050 ^{ns}
CV _e (%)	-	8,65	8,46	8,43	8,30	11,70	14,02	14,57

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância. * – Diferença estatisticamente significativa no teste F a 5% de significância.

Aos 2 anos de idade, as doses de 172 kg ha^{-1} (tratamentos 2, 5, 8 e 11) e 343 kg ha^{-1} (tratamentos 3, 6, 9 e 12) de cloreto de potássio proporcionaram um DAP de 5,67 cm (Coeficiente de variação percentual – CV = 3,76 %) e 5,76 cm (CV = 2,19 %), respectivamente, sendo superiores estatisticamente e com menores variações comparada ao valor médio da dose nula, com DAP de 5,29 cm (CV = 4,47 %), conforme Figura 6.

Figura 6 – Média (\pm Desvio Padrão – DP) para DAP das diferentes doses de cloreto de potássio de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa aos 2 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



Fonte: Autor (2021).

Na fase inicial até os 24 meses de idades a baixa oferta de potássio no solo (Tabela 1), pode ter sido fator limitante para o desenvolvimento do DAP de *T. vulgaris*. Isso fica evidente devido a relação entre nível de dose e crescimento em diâmetro, onde houve aumento significativo do diâmetro conforme aumentou-se a dose do fertilizante que contém esse nutriente.

Segundo Freitas et al. (2012b), por se tratar de uma espécie pioneira e heliófila o *T. vulgaris* pode apresentar restrições em seu crescimento caso as condições nutricionais sejam restritas. Isto justifica o resultado encontrado no presente estudo.

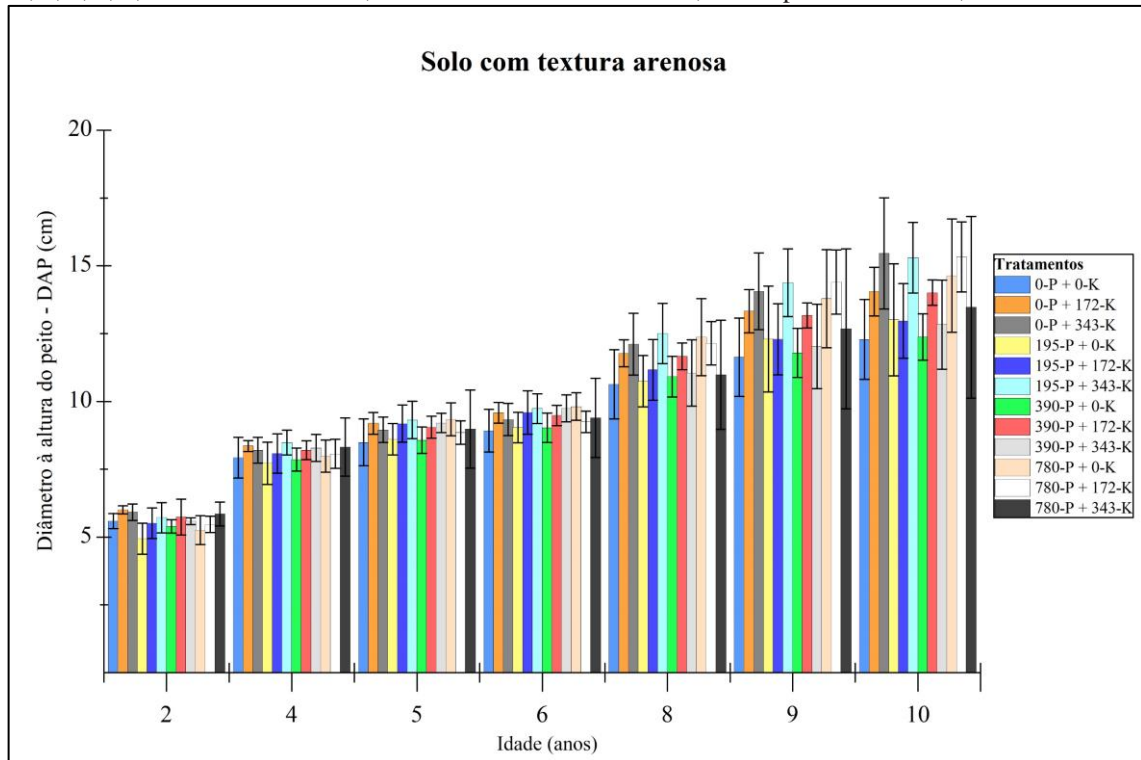
Resultado análogo foi encontrado por Cabreira et al. (2021) que, estudando o crescimento de *Eucalyptus grandis* \times *Eucalyptus urophylla* e *Acacia mangium* sob diferentes tipos de solo, encontraram que a baixa oferta de potássio inicial pode limitar o crescimento em DAP e altura.

A análise gráfica nos anos sem diferença significativa (4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos) da adubação para o DAP está representada na Figura 7.

Apesar de não haver diferença significativa nas idades de 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos, percebe-se uma tendência de aumento da variação conforme o avanço da idade. Ainda, entre os tratamentos mais dissimilares a testemunha apresenta, de maneira geral, os menores valores de DAP, porém, uma menor variação comparada ao tratamento 12. Por outro lado, o tratamento 2 possibilitou um DAP acima de média geral com uma das menores variações ao longo dos anos, sendo 6,00 cm (CV = 2,42 %); 8,35 cm (CV = 2,42 %); 9,19 cm (CV = 4,32 %); 9,58 cm (CV

= 3,99 %); 11,77 cm (CV = 4,24 %); 13,32 cm (CV = 6,01 %) e 14,04 cm (CV = 6,38 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente.

Figura 7 – Média (\pm DP) para DAP (cm) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: O autor (2021).

Rodrigues et al. (2020), estudando o crescimento em DAP de *T. vulgaris*, encontraram valores de DAP superior aos deste estudo aos 4, 5 e 6 anos, sendo 10,80 cm, 12,00 cm e 13,50 cm, respectivamente. Tonini et al. (2018) encontraram DAP de 6,90 cm anos 6 anos de idade, sendo inferior ao encontrado neste trabalho.

A ausência de diferença significativa a partir dos 2 anos de idade pode ser explicada ao acréscimo de recursos disponibilizados pelo processo de mineralização de serrapilheira, na qual é diretamente transferida às raízes, o que permite o maior uniformidade no desenvolvimento (PAULA et al., 2018).

Na apreciação do D_{eq} a análise de variância revelou que não houve efeito significativo ($p > 0,05$), em nenhuma das idades analisadas, para nenhuma fonte de variação (Tabela 4).

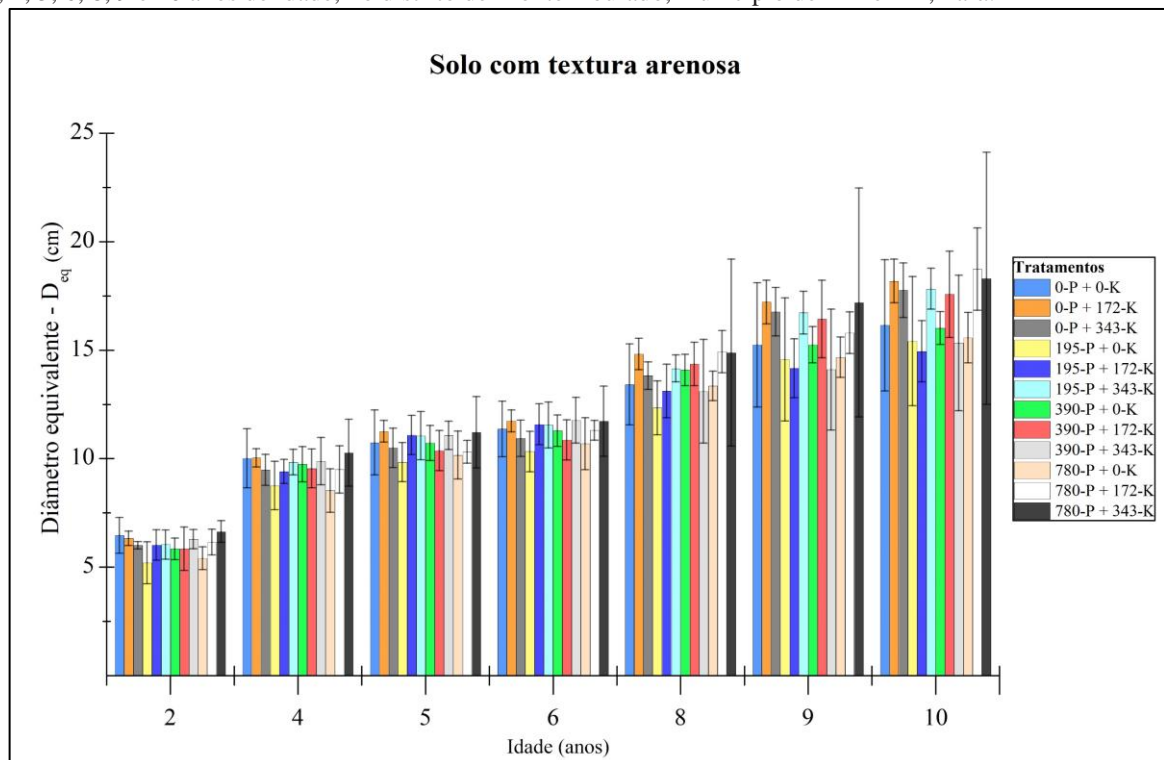
Tabela 4 – Resumo de p-valor da análise de variância para D_{eq} (cm) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,2642 ^{ns}	0,6723 ^{ns}	0,9404 ^{ns}	0,9418 ^{ns}	0,5639 ^{ns}	0,4788 ^{ns}	0,5198 ^{ns}
K	2	0,0813 ^{ns}	0,3319 ^{ns}	0,2171 ^{ns}	0,2719 ^{ns}	0,3792 ^{ns}	0,2818 ^{ns}	0,2409 ^{ns}
P × K	6	0,4325 ^{ns}	0,5608 ^{ns}	0,6560 ^{ns}	0,5668 ^{ns}	0,8196 ^{ns}	0,5776 ^{ns}	0,6371 ^{ns}
Blocos	3	0,2153 ^{ns}	0,8759 ^{ns}	0,2875 ^{ns}	0,6756 ^{ns}	0,9124 ^{ns}	0,8243 ^{ns}	0,7287 ^{ns}
CV _e (%)	-	11,55	11,96	10,76	10,46	14,89	17,15	17,44

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância.

O tratamento testemunha apresentou D_{eq} de 6,45 cm (CV = 12,82 %); 10,00 cm (CV = 13,61 %); 10,73 cm (CV = 13,95 %); 11,36 cm (CV = 11,28 %); 13,41 cm (CV = 13,94 %); 15,23 cm (CV = 18,81 %) e 16,13 cm (CV = 18,74 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente. O tratamento 12 com 6,63 cm (CV = 7,43 %); 10,26 cm (CV = 14,98 %); 11,20 cm (CV = 14,64 %); 11,71 cm (CV = 13,81 %); 14,87 cm (CV = 28,94 %); 17,18 cm (CV = 30,70 %) e 18,30 cm (CV = 31,76 %) nas mesmas idades (Figura 8). Portanto, novamente verifica-se que estes tratamentos resultaram em uma alta variação de D_{eq} apesar de não ter ocorrido diferença estatística.

Figura 8 – Média (\pm DP) para D_{eq} (cm) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: O autor (2021).

Ainda para variável D_{eq} apenas o tratamento 2 possibilitou uma variação reduzida em comparação aos demais tratamentos, com valores de 6,31 cm (CV = 5,22 %); 10,02 cm (CV = 4,17 %); 11,25 cm (CV = 4,44 %); 11,72 cm (CV = 4,26 %); 14,81 cm (CV = 4,85 %); 17,20 cm (CV = 5,81 %) e 18,17 cm (CV = 5,50 %), aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente.

Em estudo realizado por Viera; Schumacher; Liberalesso (2011), o crescimento em diâmetro equivalente de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* e *Acacia mearnsii*, tanto aos 6 meses quanto aos 18 meses de idade, não diferiu significativamente entre os tratamentos em estudo. Bouillet et al. (2013) e Santos et al. (2016) afirmaram que a ausência de efeito de crescimento em D_{eq} é devida em parte à facilidade de obtenção de luz, água e nutriente, principalmente para árvores fixadoras de N.

Para Vezzani; Tedesco; Barros (2001), a resposta de crescimento diamétrico pode ser consequência de outros fatores como associação e competição com outras espécies que interagem facilitando ou dificultando seu desenvolvimento. Um dos fatores que podem ter contribuído para essa resposta de crescimento é à disposição dos nutrientes, na qual se teve um melhor aproveitamento da árvore de *T. vulgaris*.

Quanto a variável altura total, a análise de variância ($p > 0,05$) revelou que não houve efeito significativo em nenhuma das idades analisadas em nenhuma fonte de variação (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo de p-valor da análise de variância para altura total (m) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

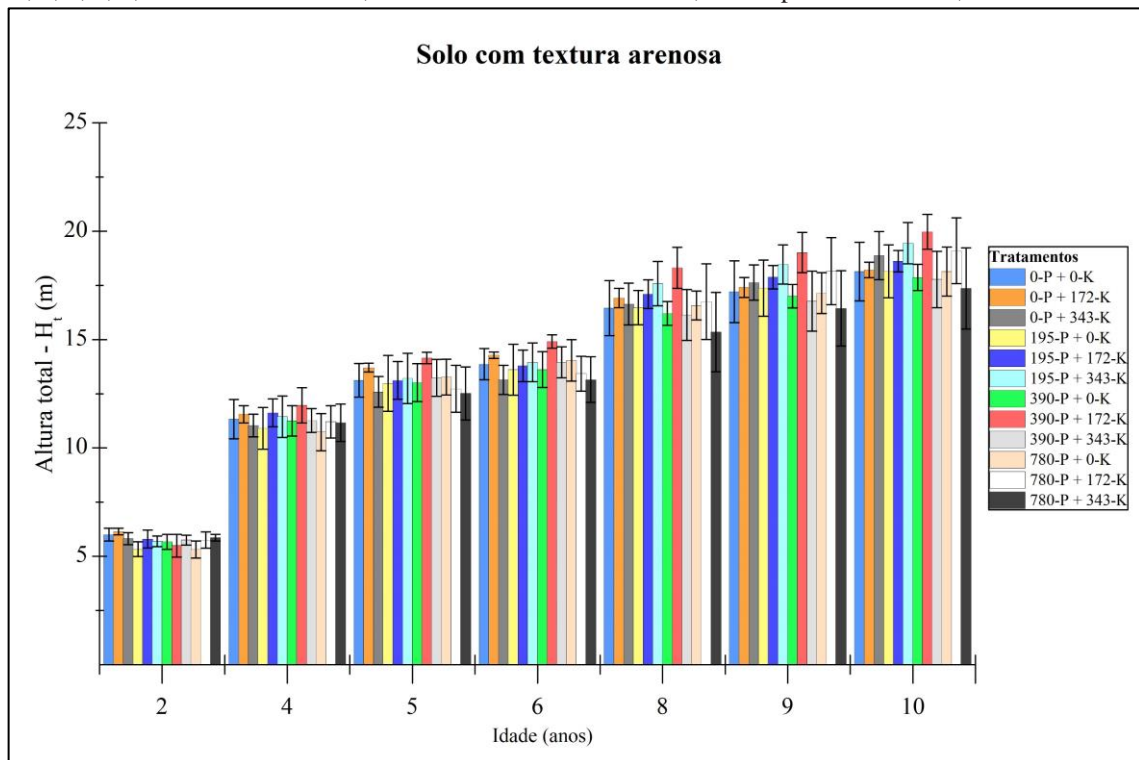
FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,0840 ^{ns}	0,2426 ^{ns}	0,3273 ^{ns}	0,3466 ^{ns}	0,4335 ^{ns}	0,6633 ^{ns}	0,6633 ^{ns}
K	2	0,2497 ^{ns}	0,2083 ^{ns}	0,1863 ^{ns}	0,1844 ^{ns}	0,1140 ^{ns}	0,1229 ^{ns}	0,1229 ^{ns}
P × K	6	0,3881 ^{ns}	0,6793 ^{ns}	0,3864 ^{ns}	0,2562 ^{ns}	0,3070 ^{ns}	0,3377 ^{ns}	0,3377 ^{ns}
Blocos	3	0,8290 ^{ns}	0,0851 ^{ns}	0,0751 ^{ns}	0,0951 ^{ns}	0,5724 ^{ns}	0,9469 ^{ns}	0,9469 ^{ns}
CV _e (%)	-	6,99	4,83	6,22	6,03	7,64	7,66	7,44

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância.

Observando a variável altura total e ao comparar os anos de medição dentro de cada tratamento, houve aumento constante desta variável em todas as idades, o que evidencia a alta correlação existente entre crescimento em altura e a idade do plantio, conforme mencionado por Rodrigues et al. (2020).

Percebe-se, ainda, que todos os tratamentos apresentaram variação com amplitude similar, porém, o tratamento 2 possibilitou a variação mais reduzida em comparação aos demais tratamentos, com valores de 6,14 m (CV = 2,44 %); 11,55 m (CV = 3,46 %); 13,70 m (CV = 1,45 %); 14,28 m (CV = 1,05 %); 16,91 m (CV = 2,64 %); 17,40 m (CV = 2,65 %) e 18,21 m (CV = 1,94 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente (Figura 9).

Figura 9 – Média (\pm DP) da altura total (m) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).
Fonte: O autor (2021).

A análise de variância para porcentagem de ocorrência de fuste único revelou que houve efeito significativo da interação entre os fatores doses de superfosfato triplo e cloreto de potássio, em todas as idades analisadas (Tabela 6). Interação significativa indica dependência entre os fatores estudados e, portanto, o percentual de ocorrência de árvores de fuste único sofreu influência da adubação realizada.

Tabela 6 – Resumo de p-valor da análise de variância para porcentagem de ocorrência de fuste único de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,6245 ^{ns}	0,5404 ^{ns}	0,7395 ^{ns}	0,6978 ^{ns}	0,8205 ^{ns}	0,7106 ^{ns}	0,8428 ^{ns}
K	2	0,9337 ^{ns}	0,7532 ^{ns}	0,9302 ^{ns}	0,9109 ^{ns}	0,4801 ^{ns}	0,3355 ^{ns}	0,3041 ^{ns}
P × K	6	0,0425 [*]	0,0162 [*]	0,0109 [*]	0,0089 [*]	0,0157 [*]	0,0267 [*]	0,0224 [*]
Blocos	3	0,7125 ^{ns}	0,8188 ^{ns}	0,8297 ^{ns}	0,8037 ^{ns}	0,8482 ^{ns}	0,9131 ^{ns}	0,9092 ^{ns}
CV _e (%)	-	21,46	34,84	38,89	38,57	38,10	39,48	39,95

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância; ^{*} – Diferença estatisticamente significativa no teste F a 5% de significância.

Em solos com textura arenosa, observou-se que o percentual de árvores de *T. vulgaris* com fuste único possuiu valores médios entre os tratamentos de 81,59 % (CV = 16,78 %), 65,10 % (CV = 26,43 %); 61,94 % (CV = 28,80 %); 61,80 % (CV = 28,57 %); 64,30 % (CV = 29,06 %); 63,61 % (CV = 30,59 %); 63,92 % (CV = 31,00 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores médios de porcentagem de ocorrência de fuste único (%) em plantio de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade

Idade	P	K		
		0	172	343
2	0	64,16 (CV = 35,49 %) b B	87,50 (CV = 15,79 %) a A	89,58 (CV = 12,08 %) a A
	195	91,66 (CV = 15,74 %) a A	77,50 (CV = 20,03 %) a A	90,83 (CV = 10,17 %) a A
	390	79,16 (CV = 9,11 %) a A	95,83 (CV = 7,53 %) a A	70,83 (CV = 30,56 %) b A
	780	91,66 (CV = 15,74 %) a A	70,00 (CV = 8,24 %) a B	70,41 (CV = 30,42 %) a A
4	0	38,33 (CV = 54,47 %) a B	62,50 (CV = 22,11 %) a A	70,83 (CV = 30,56 %) a A
	195	72,50 (CV = 13,15 %) a A	60,00 (CV = 43,74 %) a A	75,41 (CV = 7,22 %) a A
	390	45,83 (CV = 30,15 %) b B	90,83 (CV = 10,17 %) a A	58,33 (CV = 31,94 %) b A
	780	90,00 (CV = 19,24 %) a A	56,25 (CV = 22,98 %) a A	60,41 (CV = 61,20 %) a A
5	0	38,33 (CV = 54,47 %) a A	60,00 (CV = 27,49 %) a B	68,33 (CV = 35,59 %) a A
	195	71,66 (CV = 12,08 %) a A	52,91 (CV = 61,73 %) a B	73,33 (CV = 9,09 %) a A
	390	44,16 (CV = 25,80 %) b B	90,83 (CV = 10,17 %) a A	56,66 (CV = 31,94 %) b A
	780	87,50 (CV = 24,74 %) a B	43,33 (CV = 16,31 %) b B	56,25 (CV = 65,73 %) b A
6	0	36,66 (CV = 51,02 %) a B	60,00 (CV = 27,49 %) a B	68,33 (CV = 35,59 %) a A
	195	71,66 (CV = 12,08 %) a A	52,91 (CV = 61,73 %) a B	73,33 (CV = 9,09 %) a A
	390	44,16 (CV = 25,80 %) b B	90,83 (CV = 10,17 %) a A	56,66 (CV = 31,94 %) b A
	780	87,50 (CV = 24,74 %) a A	43,33 (CV = 16,31 %) b B	56,25 (CV = 65,73 %) b A
8	0	40,41 (CV = 23,81 %) a B	60,83 (CV = 22,31 %) a A	79,16 (CV = 12,50 %) a A
	195	69,16 (CV = 17,82 %) a A	62,50 (CV = 39,44 %) a A	77,08 (CV = 17,72 %) a A
	390	37,50 (CV = 19,24 %) b B	88,75 (CV = 12,83 %) a A	64,16 (CV = 43,98 %) a A
	780	87,50 (CV = 24,74 %) a A	48,33 (CV = 19,80 %) a A	56,25 (CV = 65,73 %) a A
9	0	35,41 (CV = 26,59 %) a B	58,75 (CV = 21,25 %) a A	75,00 (CV = 17,67 %) a A
	195	65,00 (CV = 23,07 %) a A	62,50 (CV = 39,44 %) a A	75,00 (CV = 19,24 %) a A
	390	37,50 (CV = 19,24 %) b B	88,75 (CV = 12,83 %) a A	69,16 (CV = 36,28 %) a A
	780	87,50 (CV = 24,74 %) a A	50,00 (CV = 23,57 %) a A	58,75 (CV = 62,64 %) a A
10	0	35,41 (CV = 26,59 %) a B	58,75 (CV = 21,25 %) a A	81,25 (CV = 20,72 %) a A
	195	65,00 (CV = 23,07 %) a A	62,50 (CV = 39,44 %) a A	75,00 (CV = 19,24 %) a A
	390	37,50 (CV = 19,24 %) b B	88,75 (CV = 12,83 %) a A	66,66 (CV = 39,52 %) a A
	780	87,50 (CV = 24,74 %) a A	50,00 (CV = 23,57 %) a A	58,75 (CV = 62,64 %) a A

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha (dentro das diferentes doses de K) e maiúscula na coluna (dentro das diferentes doses de P), não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância ($p < 0,05$); P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: O autor (2021).

Na dose de 0 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, as doses 195 kg ha^{-1} , 390 kg ha^{-1} , e 780 kg ha^{-1} de superfosfato triplo foram similares e proporcionaram maior percentual de ocorrência fuste único aos 2 anos de idade, ou seja, com atribuição de superfosfato triplo obteve-se maior taxa desta variável. A partir do quarto ano a mesma dosagem de cloreto de potássio proporcionou superioridade estatística apenas nas doses de 195 kg ha^{-1} e 780 kg ha^{-1} de superfosfato triplo, ou seja, atribuindo dose intermediária e máxima de superfosfato triplo, o estudo possibilitou as árvores de *T. vulgaris* uma porcentagem de ocorrência de fuste único maior do que a dose nula em todos os anos avaliados.

Na dose 172 kg ha^{-1} de cloreto de potássio aos 2 anos de idade também houve diferença significativa entre as doses de superfosfato triplo, em que apenas a dose de 780 kg ha^{-1} de superfosfato triplo foi significativamente inferior. A partir do quarto ano ocorreu variação ao longo dos anos, e a partir do oitavo ano não ocorreu diferença significativa.

Na dose 343 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio não ocorreu diferença significativa em nenhuma das doses de superfosfato triplo para nenhuma das idades estudadas.

Analisando o cloreto de potássio dentro dos níveis de superfosfato triplo, a diferença foi para a dose de 172 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em 390 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (tratamento 8), que foi superior às demais em todos os anos. Ao mesmo tempo, foi detectado efeito significativo do cloreto de potássio considerando a dose nula de superfosfato triplo para o percentual de fustes únicos apenas aos 2 anos de idade. Desta forma, o tratamento 8 (390-P + 172-K kg ha⁻¹) proporcionou um dos maiores percentuais de ocorrência de fuste único e menor variação, possibilitando valor 95,83 % (CV = 7,53 %) e 88,75 % (CV = 12,83 %) aos 2 e 10 anos de idade, respectivamente.

Segundo Smiley, (2003) e Kane et al. (2008) o perfilhamento do fuste é um sério problema para a qualidade da madeira, uma vez que gera grande quantidade de nós e grã irregular, reduzindo a resistência e uniformidade do fuste. Ainda, possuem características indesejáveis para a aplicação de processos termoquímicos de conversão, principalmente considerando que a ocorrência de múltiplos fustes pode estar associada à madeira de tração e, conseqüentemente, decréscimo ao teor de lignina e acréscimo do teor de celulose no lenho, o que o reduz qualidade para finalidade energética.

Além disso, a bifurcação pode afetar negativamente a eficiência da colheita florestal, uma vez que as máquinas utilizadas têm melhor desempenho em plantios com árvores de apenas um fuste; altera a forma do fuste; promove variabilidade nas propriedades tecnológicas da madeira e aumenta a produção de lenho reativo (DVORAK et al., 2007; MCEWAN; MAGAGNOTTI; SPINELLI, 2016).

É importante destacar que as causas que levam à formação de fustes secundários em *T. vulgaris* ainda são desconhecidas embora muitos autores acreditem que este processo esteja relacionado às causas genéticas, ambientais (ataque de pragas e doenças) e/ou à interação entre os dois fatores (RESENDE & FANTINI JÚNIOR, 2001; ENNOS & VAN CASTEREN, 2010). Por outro lado, apesar de não descrever a origem da bifurcação este estudo revelou que práticas silviculturais, como a adubação, possibilitou a redução da ocorrência de fustes múltiplos nas árvores em solos arenosos.

Para o volume comercial com casca por hectare, a análise de variância pelo teste F ($p > 0,05$) revelou que não houve efeito significativo da adubação em nenhuma das idades, para nenhuma das fontes de variação analisadas, conforme observado na Tabela 8.

Tabela 8 – Resumo de p-valor da análise de variância para volume comercial com casca por hectare ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

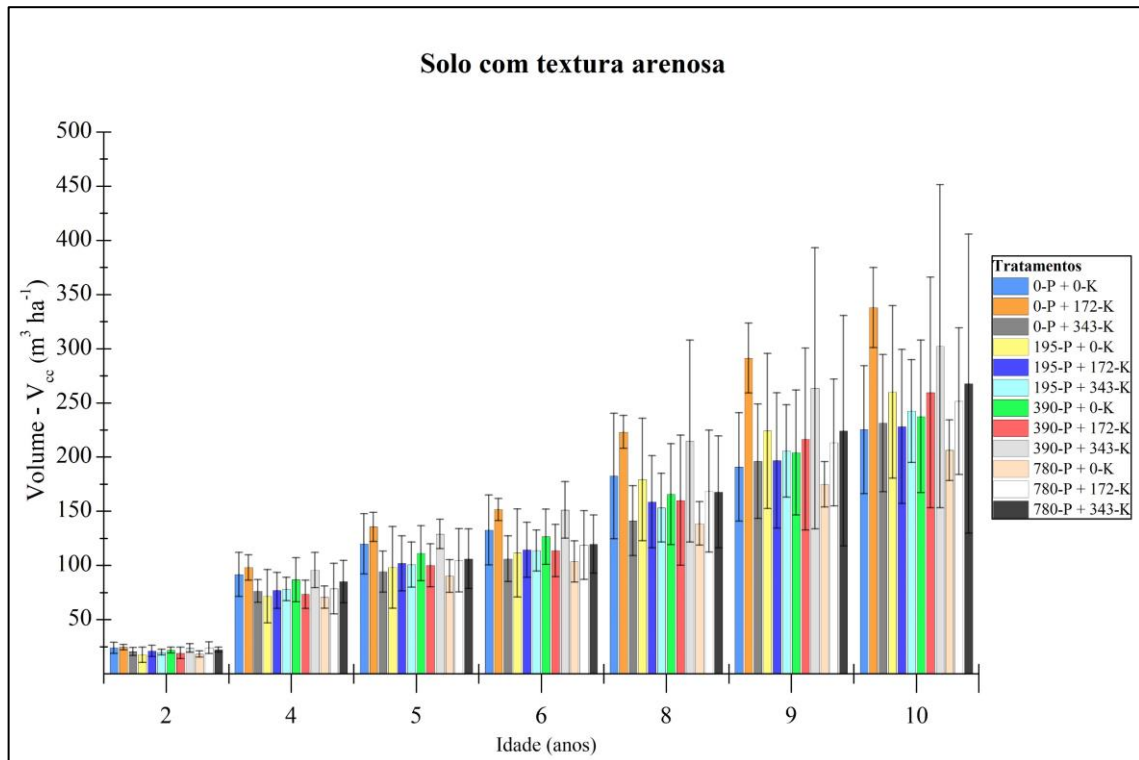
FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,3939 ^{ns}	0,3397 ^{ns}	0,3308 ^{ns}	0,3488 ^{ns}	0,7174 ^{ns}	0,8603 ^{ns}	0,8854 ^{ns}
K	2	0,5804 ^{ns}	0,8694 ^{ns}	0,8407 ^{ns}	0,8555 ^{ns}	0,8698 ^{ns}	0,5514 ^{ns}	0,5473 ^{ns}
P × K	6	0,4458 ^{ns}	0,4106 ^{ns}	0,3113 ^{ns}	0,3026 ^{ns}	0,4223 ^{ns}	0,6049 ^{ns}	0,6822 ^{ns}
Blocos	3	0,5823 ^{ns}	0,2921 ^{ns}	0,2933 ^{ns}	0,8851 ^{ns}	0,9880 ^{ns}	0,7637 ^{ns}	0,6349 ^{ns}
CV _e (%)	-	23,57	23,95	23,39	25,68	35,96	38,55	39,03

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância.

Para o solo de textura arenosa, não houve diferença no volume comercial com casca por hectare devido às quantidades das doses de adubação de superfosfato triplo e cloreto de potássio, bem como de sua interação, nem mesmo devido às condições ambientais entre os quatros blocos de replicação dos tratamentos, portanto acompanhou os resultados observados de D_{eq} e H_t.

Entre os tratamentos mais extremos nas idades de 2, 4, 5, 6 e 8 anos a testemunha (0-P + 0-K kg ha^{-1}) apresentou valores de volume total por hectare de 23,81 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 21,12 %); 91,54 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 22,09 %); 119,77 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 23,29 %); 132,54 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 24,32 %) e 182,36 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 31,79 %), respectivamente, maiores que a adubação do tratamento 12 (780-P + 343-K kg ha^{-1}) que apresentou volume de 22,10 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 21,82 %); 84,95 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 23,04 %); 106,06 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 25,81 %); 119,48 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 22,46 %) e 167,63 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 30,81 %), respectivamente. A partir dos 9 e 10 anos de idade ocorreu o contrário, a testemunha apresentou menor volume e variação, sendo 190,76 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 26,25 %) e 225,12 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 26,25 %) e o tratamento 12 maior volume e variação, sendo 224,04 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 47,44 %) e 267,62 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CV = 51,52 %), respectivamente, (Figura 10). Além disso, as variações em geral cresceram com o passar dos anos, possivelmente devido ao fator sobrevivência, refletindo diretamente na redução da precisão experimental como apurado no crescimento dos coeficientes de variação experimentais (CV_e). Ao mesmo tempo, de maneira geral a variação do volume comercial com casca por hectare foi mais elevada em relação às variáveis DAP, D_{eq} e H_t, pois ela está associada a essas variáveis.

Figura 10 – Média (\pm DP) para volume comercial com casca ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: O autor (2021).

Resultados semelhantes foram encontrados por Arco-Verde & Schwengber (2003) que, na avaliação silvicultural de espécies florestais no estado de Roraima, observaram crescimento em volume de *T. vulgaris* de $73,29 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ aos 2,5 anos de idade. Silva et al. (2021a), estudando *T. vulgaris* em plantios homogêneos na Amazônia, encontraram valores médios de 175 e $190 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ aos 8 e 9 anos, respectivamente.

Em comparação com espécie do gênero *Eucalyptus*, amplamente difundida na literatura, que possui estímulos ao melhoramento genético no Brasil desde 1960 (PALUDZYSZYN FILHO & SANTOS, 2011), o *T. vulgaris* apresenta volume semelhante apesar de sua variabilidade genética, com $55,03 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ a $292,27 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ aos 7 de idade (ARCO-VERDE & SCHWENGBER, 2003).

O fato do volume do *T. vulgaris* não ser afetado significativamente pelos elevados incrementos nutricionais de fósforo e potássio no solo de textura arenosa pode ter ocorrido devido a três fatores, sendo: a alta variabilidade genética entre as árvores, comportamento da adubação em solos de textura arenosa ou simplesmente por característica de adaptação a áreas de baixa fertilidade.

Segundo Barbosa et al. (2021), o crescimento em volume para algumas espécies em plantios experimentais pode apresentar grande amplitude genética, pois essa característica é típica de povoamentos implantados com material genético seminal, que apresentam grande variabilidade entre os indivíduos. Essa característica está atrelada ao método de propagação das espécies nativas, que grande parte é por sementes, e no Brasil restringe-se ainda mais devido ao conhecimento limitado sobre a propagação vegetativa das suas espécies nativas. Por isso, é muito comum encontrar variação em características quantitativas quando se compara indivíduos de *T. vulgaris* em plantações experimentais (PINHEIRO et al., 2011).

Como característica edáfica, tem-se que solos arenosos possuem facilidade em lixiviar nutrientes pelas águas das chuvas, pois possuem baixa CTC (Tabela 1), e conseqüentemente reduzida capacidade de retenção de nutrientes às plantas (EMBRAPA, 2006). Logo, possivelmente, o potássio por ser de fácil mobilidade dentro perfil do solo, pode ter lixiviado por não ter sido adsorvido nos anos iniciais, acarretando a ausência de interação significativa ao longo dos anos (ROSOLEM et al, 2017). Segundo Gama-Rodrigues et al. (2005), solo de textura arenosa tendem a possuir interação reduzida, facilitando perdas por lixiviação, diminuindo a disponibilidade, dificultando a absorção pelo sistema radicular, podendo favorecer espécies pouco exigentes nutricionalmente. Essa característica pode possibilitar vantagens ao *T. vulgaris* quando comparada a outras espécies, pois é uma espécie de baixa exigência nutricional (Sousa et al., 2016). Apesar disso, Melo et al. (2016), afirmaram que a quantidade adicionada de fertilizantes dever ser, pelo menos, igual à removida do sítio pela colheita da madeira para que a produtividade seja mantida para rotações futuras.

Gonçalves (1995), apresentou o *T. vulgaris* como adequado para solos de textura arenosa devido sua ocorrência ser naturalmente nos cerradões de solos mais arenosos, ácidos, de baixa fertilidade e drenados. Além disso, os resultados encontrados nesta pesquisa corroboram com Sousa et al (2016), na qual sugerem que o *T. vulgaris* é adaptado a essas condições de textura de solo, possuindo baixa exigência nutricional para se desenvolver, e isso faz com incrementos nutricionais nos solos arenosos não resultam em efeito significativos no volume de madeira.

O tratamento que proporcionou volume comercial com casca por hectare acima da média geral e menor variação para esse tipo de solo foi o tratamento 2 (0-P + 172-K kg ha⁻¹), o qual, promoveu valores de 24,44 m³ ha⁻¹ (CV = 10,35 %); 97,96 m³ ha⁻¹ (CV = 11,92 %); 135,47 m³ ha⁻¹ (CV = 9,90 %); 151,45 m³ ha⁻¹ (CV = 6,80 %); 223,09 m³ ha⁻¹ (CV = 6,78 %); 291,27 m³ ha⁻¹ (CV = 11,11 %) e 337,87 m³ ha⁻¹ (CV = 10,96 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente.

A falta de resposta à aplicação de superfosfato triplo pode ser devida à disponibilidade de fósforo que havia no solo arenoso (em média $4,93 \text{ mg dm}^{-3}$) (Tabela 1) serem suficientes para suprir a exigência da espécie. Para aplicação de cloreto de potássio, apesar da falta de resposta que proporcionasse diferença significativa, a aplicação de 172 kg ha^{-1} resultou em menor variação e maior valor numérico em todos os anos estudados.

Halomoan; Wawan; Adiwirman (2015), estudando o efeito da fertilização no crescimento e biomassa de híbridos de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus pellita*, atribuíram a falta de resposta à aplicação de fósforo em doses mais altas à menor disponibilidade de fósforo no solo, ou seja, não foi absorvido pelas árvores e manteve-se no solo, na forma lábil (imóvel), tornando-o indisponível para as árvores.

Pela análise de variância, para o parâmetro sobrevivência das árvores não houve efeito significativo da adubação em nenhuma das idades analisadas em todas as fontes de variação, conforme observado na Tabela 9.

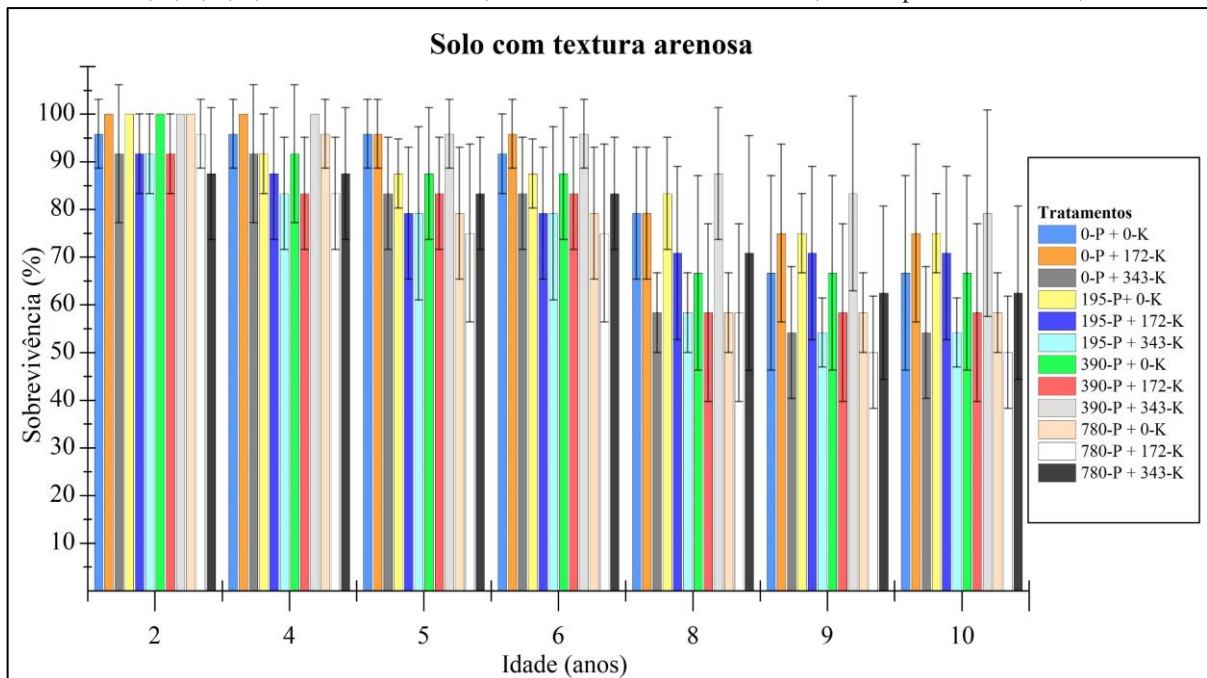
Tabela 9 – Resumo de p-valor da análise de variância para sobrevivência (%) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade

FV	GL	Idade (anos)							
		2	4	5	6	8	9	10	
P	3	0,8502 ^{ns}	0,3973 ^{ns}	0,1551 ^{ns}	0,2208 ^{ns}	0,5776 ^{ns}	0,4277 ^{ns}	0,5039 ^{ns}	
K	2	0,1484 ^{ns}	0,5084 ^{ns}	0,7310 ^{ns}	0,8348 ^{ns}	0,7358 ^{ns}	0,8677 ^{ns}	0,8191 ^{ns}	
P × K	6	0,4064 ^{ns}	0,4535 ^{ns}	0,6493 ^{ns}	0,6779 ^{ns}	0,0838 ^{ns}	0,1973 ^{ns}	0,2880 ^{ns}	
Blocos	3	0,4804 ^{ns}	0,6008 ^{ns}	0,7633 ^{ns}	0,8234 ^{ns}	0,9310 ^{ns}	0,7530 ^{ns}	0,8224 ^{ns}	
CV _e (%)	-	9,38	13,87	17,35	17,56	27,27	29,60	30,14	

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância.

As taxas de sobrevivência médias ao longo dos anos dentre as adubações variaram de 69,64 % (CV = 23,21 %) a 91,66 % (CV = 8,41 %) para o tratamento 11 ($780\text{-P} + 172\text{-K kg ha}^{-1}$) e tratamento 9 ($390\text{-P} + 343\text{-K kg ha}^{-1}$), respectivamente. A testemunha promoveu variação inferior ao tratamento de maior de adubação em todos os anos analisados, com valores médios ao longo de sua idade de 84,52 % (CV = 15,74 %) e 76,78 % (CV = 18,96 %), respectivamente, sendo a testemunha 10,08 % superior àqueles de doses máximas (Figura 11).

Figura 11 – Média (\pm DP) para sobrevivência (%) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: O autor (2021).

Martinotto et al. (2012) avaliaram a sobrevivência do *T. vulgaris* em consórcio com espécie agrícola aos 20 meses de idade, obtendo taxa média de sobrevivência de 86 %, resultado inferior à média obtida com mesma idade na área do presente trabalho.

Este estudo aponta que os tratamentos avaliados em solo com textura arenosa não afetaram significativamente o percentual de sobrevivência do *T. vulgaris*, possivelmente devido a esta condição edáfica, que possibilita às árvores de *T. vulgaris* uma reduzida competição interespecífica por luminosidade, água e nutrientes (TONINI et al., 2018).

Devido à ausência de sintomas de deficiência e levando em consideração as variáveis anteriores, reforça-se a expectativa de que as plantações de *T. vulgaris* nestas condições possuam como melhor dose o nível 0 kg ha^{-1} de superfosfato triplo e 172 kg ha^{-1} de cloreto de potássio (tratamento 2), na qual resultou em um dos maiores percentuais de sobrevivência com menor variação, com média ao longo de 10 anos de 88,69 % (CV = 10,55 %).

5.1.2 Textura de solo argilosa

No solo com textura argilosa, o teste F ($p > 0,05$) indicou efeito não significativo das doses de superfosfato triplo e cloreto de potássio para o DAP das árvores da espécie *T. vulgaris* aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade (Tabela 10).

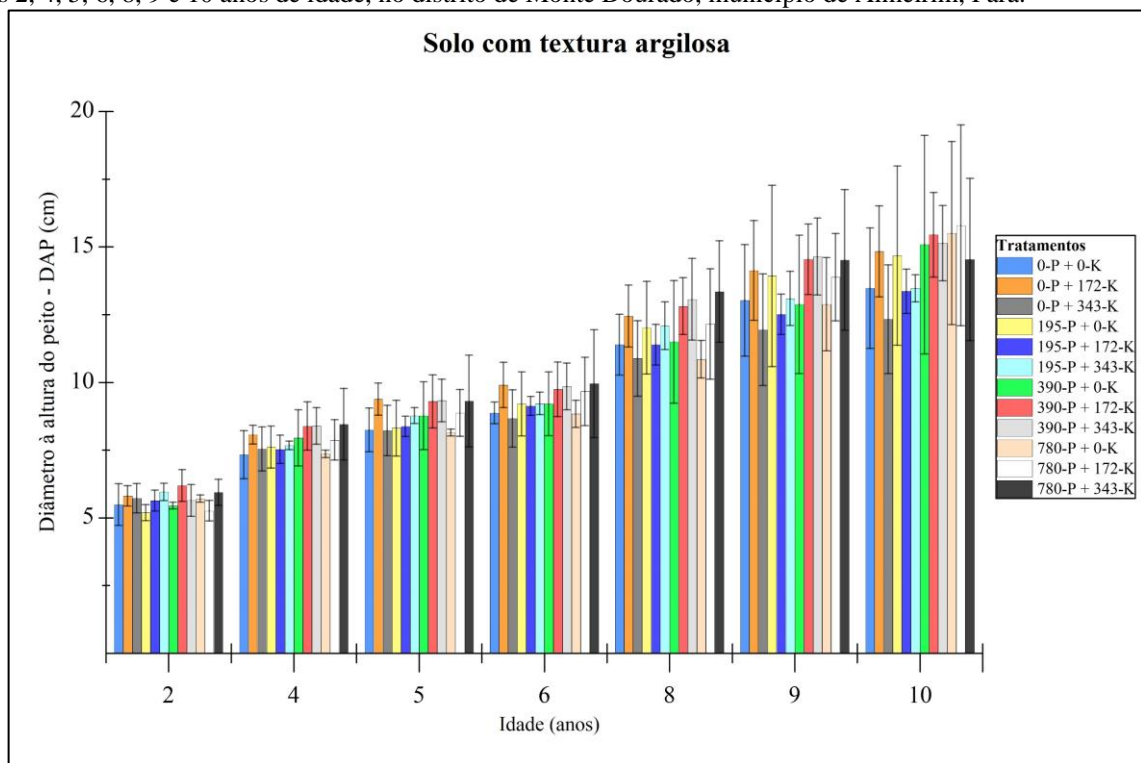
Tabela 10 – Resumo de p-valor da análise de variância para DAP (cm) de fustes de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,8834 ^{ns}	0,2408 ^{ns}	0,4658 ^{ns}	0,7447 ^{ns}	0,6204 ^{ns}	0,7094 ^{ns}	0,3917 ^{ns}
K	2	0,1488 ^{ns}	0,2596 ^{ns}	0,2029 ^{ns}	0,3909 ^{ns}	0,2842 ^{ns}	0,7815 ^{ns}	0,6299 ^{ns}
P × K	6	0,2176 ^{ns}	0,7994 ^{ns}	0,7160 ^{ns}	0,8064 ^{ns}	0,4663 ^{ns}	0,6479 ^{ns}	0,9737 ^{ns}
Blocos	3	0,4686 ^{ns}	0,0774 ^{ns}	0,2996 ^{ns}	0,5854 ^{ns}	0,5875 ^{ns}	0,8265 ^{ns}	0,9221 ^{ns}
CV _e (%)	-	9,26	10,68	11,84	12,86	14,22	17,77	21,41

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância.

Os tratamentos mais extremos apresentaram valores de DAP de 5,47 cm (CV = 14,04 %); 7,32 cm (CV = 12,11 %); 8,23 cm (CV = 9,82 %); 8,86 cm (CV = 4,49 %); 11,38 cm (CV = 9,86 %); 13,02 cm (CV = 15,84 %) e 13,47 cm (CV = 16,49 %) para a testemunha e o tratamento 12 com 5,93 cm (CV = 8,13 %); 8,44 cm (CV = 15,63 %); 9,30 cm (CV = 18,23 %); 9,94 cm (CV = 20,04 %); 13,34 cm (CV = 14,04 %); 14,51 cm (CV = 17,88 %) e 14,53 cm (CV = 20,60 %) para os 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente (Figura 12).

Figura 12 – Média (±DP) para DAP (cm) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹).

Fonte: O autor (2021).

Para Rondon (2002), o *T. vulgaris* possui reduzido desenvolvimento em diâmetro nos anos iniciais em decorrência das árvores estarem em constante crescimento inicial volumétrico, o qual é fortemente afetado pela variável altura e, portanto, nesse estágio de desenvolvimento não houve ainda um incremento expressivo de DAP para esse tipo de textura de solo.

Além disso, é importante notar que o solo argiloso possuía maior oferta de nutrientes (Tabela 1), o que pode ter sido um fator para o crescimento similar do DAP de *T. vulgaris*. Nesse sentido, o tratamento que apresentou menor variação e valor acima da média foi o tratamento 6, na qual recebeu a dose 195 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 343 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, apresentando de 5,95 cm (CV = 5,39 %); 7,67 cm (CV = 2,05 %); 8,76 cm (CV = 3,32 %); 9,21 cm (CV = 4,51 %); 12,08 cm (CV = 7,22 %); 13,09 cm (CV = 7,63 %) e 13,46 cm (CV = 3,71 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente (Figura 12).

Para o D_{eq} a análise de variância (p > 0,05) revelou que não houve efeito significativo em nenhuma das idades analisadas em nenhuma fonte de variação (Tabela 11).

Tabela 11 – Resumo de p-valor da análise de variância para D_{eq} (cm) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

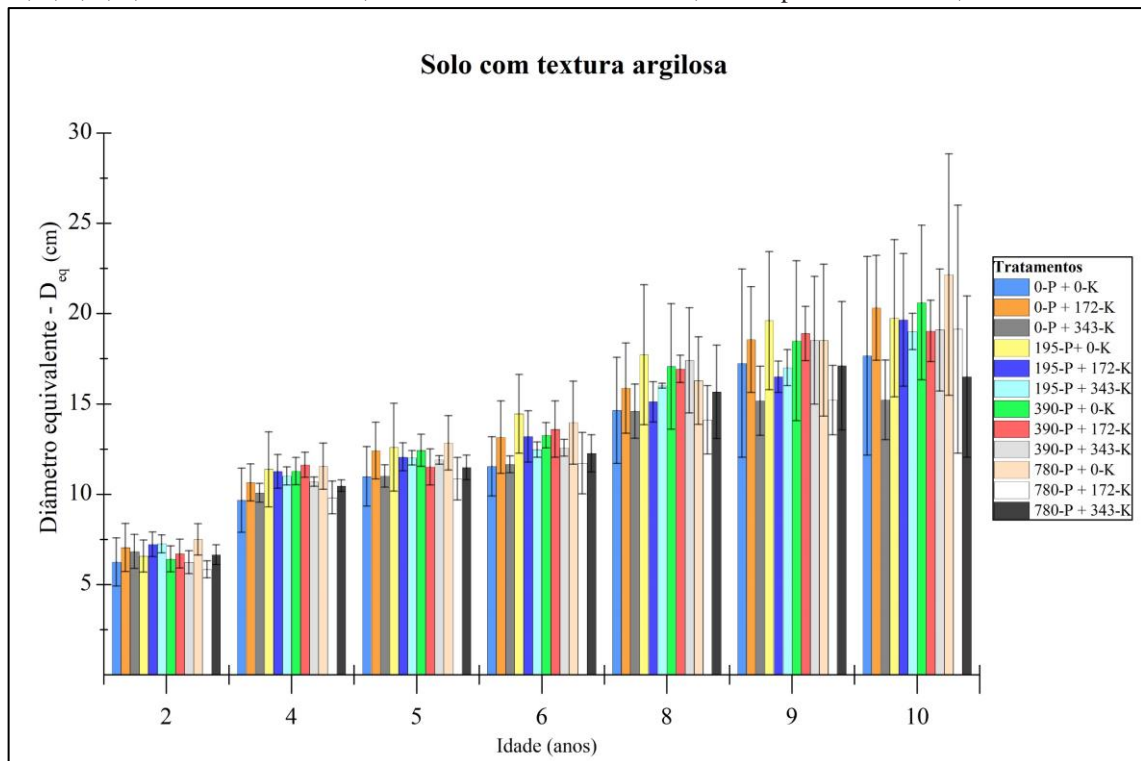
FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,8132 ^{ns}	0,1786 ^{ns}	0,4096 ^{ns}	0,2534 ^{ns}	0,2762 ^{ns}	0,6712 ^{ns}	0,8241 ^{ns}
K	2	0,6989 ^{ns}	0,4881 ^{ns}	0,4179 ^{ns}	0,1837 ^{ns}	0,6274 ^{ns}	0,5006 ^{ns}	0,2283 ^{ns}
P × K	6	0,0600 ^{ns}	0,4815 ^{ns}	0,4348 ^{ns}	0,3426 ^{ns}	0,7848 ^{ns}	0,7635 ^{ns}	0,9034 ^{ns}
Blocos	3	0,1159 ^{ns}	0,7351 ^{ns}	0,6664 ^{ns}	0,1046 ^{ns}	0,3232 ^{ns}	0,7261 ^{ns}	0,8319 ^{ns}
CV _e (%)	-	14,14	11,87	12,34	12,63	17,48	21,63	27,00

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância.

Para D_{eq}, o tratamento que assumiu valor acima da média com as menores variações ao longo dos anos foi o tratamento 6, com valores de 7,23 cm (CV = 6,90 %); 11,00 cm (CV = 4,54 %); 12,00 cm (CV = 3,33 %); 12,45 cm (CV = 12,76 %); 16,00 cm (CV = 0,81 %); 17,00 cm (CV = 5,88 %) e 19,00 cm (CV = 5,26 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente, conforme Figura 13.

Esses resultados reforçam a tese que o *T. vulgaris* possui reduzido desenvolvimento em diâmetro e altura fortemente variável, o que afeta diretamente o crescimento volumétrico.

Figura 13 – Média (\pm DP) para D_{eq} (cm) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: O autor (2021).

Para variável altura total, a análise de variância ($p > 0,05$) revelou que não houve efeito significativo em nenhuma das idades analisadas em nenhuma fonte de variação (Tabela 12).

Tabela 12 – Resumo de p-valor da análise de variância para altura total (m) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,9135 ^{ns}	0,6517 ^{ns}	0,6113 ^{ns}	0,6930 ^{ns}	0,2678 ^{ns}	0,6898 ^{ns}	0,4220 ^{ns}
K	2	0,5776 ^{ns}	0,8203 ^{ns}	0,9821 ^{ns}	0,9657 ^{ns}	0,8845 ^{ns}	0,8796 ^{ns}	0,4031 ^{ns}
P \times K	6	0,4429 ^{ns}	0,7380 ^{ns}	0,9355 ^{ns}	0,9929 ^{ns}	0,7383 ^{ns}	0,8462 ^{ns}	0,9791 ^{ns}
Blocos	3	0,1984 ^{ns}	0,0751 ^{ns}	0,2340 ^{ns}	0,4028 ^{ns}	0,2178 ^{ns}	0,3477 ^{ns}	0,5040 ^{ns}
CV _e (%)	-	8,40	6,76	8,11	9,02	8,71	9,01	10,21

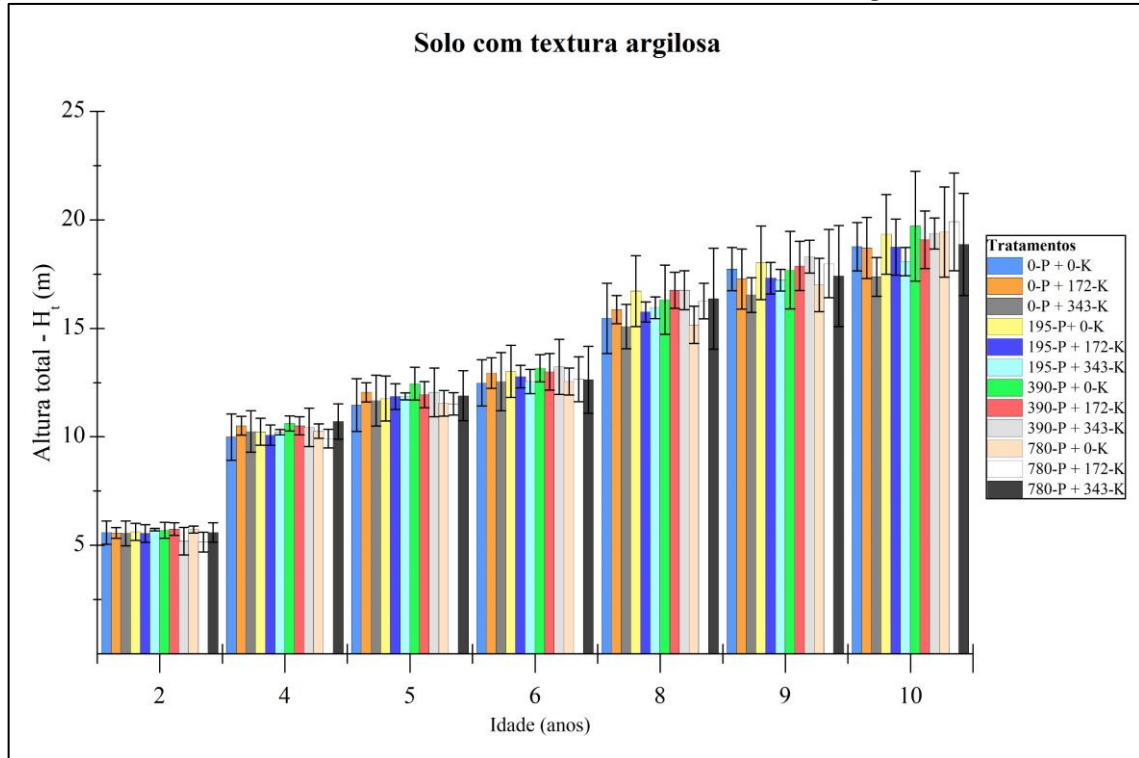
FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância.

Apesar da mudança de textura do solo, houve aumento da variável altura total em todas as idades, isso evidencia que a correlação entre crescimento em altura e a idade do plantio não foi influenciada pela textura de solo.

Dito isso, o tratamento 6 possibilitou a variação mais reduzida em comparação aos demais tratamentos com valores de 5,72 m (CV = 1,03 %); 10,21 m (CV = 1,17 %); 11,86 m

(CV = 1,36 %); 12,54 m (CV = 4,46 %); 15,95 m (CV = 3,13 %); 17,21 m (CV = 2,90 %) e 18,07 m (CV = 3,62 %), aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente (Figura 14).

Figura 14 – Média (\pm DP) para altura total (m) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: O autor (2021).

A análise de variância ($p > 0,05$) para porcentagem de ocorrência de fuste único revelou que não houve efeito significativo da interação entre os fatores doses de superfosfato triplo e cloreto de potássio, em todas as idades analisadas, porém, aos 4, 5 e 6 anos de idade houve efeito significativo dos blocos, o que reforça o efeito ambiental nas porcentagens de ocorrência de fustes únicos (Tabela 13).

Tabela 13 – Resumo de p-valor da análise de variância para porcentagem de ocorrência de fuste único de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,5798 ^{ns}	0,2154 ^{ns}	0,2701 ^{ns}	0,2554 ^{ns}	0,4869 ^{ns}	0,6560 ^{ns}	0,7025 ^{ns}
K	2	0,2011 ^{ns}	0,2393 ^{ns}	0,1300 ^{ns}	0,0859 ^{ns}	0,1989 ^{ns}	0,1923 ^{ns}	0,2753 ^{ns}
P × K	6	0,2841 ^{ns}	0,5553 ^{ns}	0,4553 ^{ns}	0,3567 ^{ns}	0,4605 ^{ns}	0,7089 ^{ns}	0,7252 ^{ns}
Blocos	3	0,0700 ^{ns}	0,0032 [*]	0,0036 [*]	0,0034 [*]	0,0690 ^{ns}	0,1174 ^{ns}	0,1941 ^{ns}
CV _e (%)	-	35,78	64,02	60,60	61,49	62,28	59,42	69,38

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância; ^{*} – Diferença estatisticamente significativa no teste F a 5% de significância.

No solo de textura argilosa, a porcentagem de ocorrência de fuste único mostrou que ocorreu bifurcação com ampla variação desta variável possuindo valores médios entre todos os tratamentos de 58,75 % (CV = 29,88 %); 35,76 % (CV = 62,73 %); 36,70 % (CV = 58,76 %); 36,11 % (CV = 59,27 %); 42,53 % (CV = 48,98 %); 47,43 % (CV = 48,98 %) e 46,66 % (CV = 55,97 %) aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 14 – Valores médios das interações significativas de porcentagem de ocorrência de fuste único (%) em plantio de *T. vulgaris* em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

Idade	P	K		
		0	172	343
2	0	75,00 (CV = 36,85 %)	56,25 (CV = 58,67 %)	62,50 (CV = 11,54 %)
	195	50,83 (CV = 35,12 %)	43,33 (CV = 16,31 %)	63,33 (CV = 29,53 %)
	390	63,33 (CV = 37,58 %)	47,00 (CV = 55,20 %)	65,41 (CV = 23,58 %)
	780	39,16 (CV = 34,76 %)	65,00 (CV = 18,66 %)	73,75 (CV = 11,11 %)
4	0	50,00 (CV = 63,42 %)	39,58 (CV = 77,88 %)	43,33 (CV = 31,71 %)
	195	13,33 (CV = 106,06 %)	22,50 (CV = 101,22 %)	37,50 (CV = 47,60 %)
	390	35,41 (CV = 75,10 %)	36,25 (CV = 69,90 %)	37,50 (CV = 74,53 %)
	780	17,50 (CV = 116,93 %)	42,50 (CV = 30,56 %)	53,75 (CV = 22,32 %)
5	0	48,75 (CV = 62,73 %)	41,66 (CV = 72,11 %)	43,33 (CV = 31,71 %)
	195	11,25 (CV = 101,22 %)	27,50 (CV = 69,82 %)	41,25 (CV = 45,65 %)
	390	35,41 (CV = 75,10 %)	36,25 (CV = 69,90 %)	37,50 (CV = 74,53 %)
	780	17,50 (CV = 116,93 %)	43,75 (CV = 24,74 %)	56,25 (CV = 17,77 %)
6	0	48,75 (CV = 62,73 %)	41,66 (CV = 72,11 %)	40,00 (CV = 42,49 %)
	195	6,25 (CV = 173,00 %)	30,00 (CV = 57,73 %)	41,25 (CV = 45,65 %)
	390	32,08 (CV = 85,62 %)	36,25 (CV = 69,90 %)	37,50 (CV = 74,53 %)
	780	17,50 (CV = 116,93 %)	45,83 (CV = 15,74 %)	56,25 (CV = 12,44 %)
8	0	55,00 (CV = 69,82 %)	54,16 (CV = 59,08 %)	37,50 (CV = 65,73 %)
	195	22,91 (CV = 118,87 %)	42,50 (CV = 10,18 %)	51,66 (CV = 18,53 %)
	390	30,00 (CV = 92,04 %)	42,08 (CV = 67,75 %)	31,25 (CV = 103,92 %)
	780	23,33 (CV = 65,46 %)	58,33 (CV = 24,74 %)	61,66 (CV = 6,48 %)
9	0	45,00 (CV = 101,22 %)	49,16 (CV = 61,64 %)	54,16 (CV = 25,51 %)
	195	31,25 (CV = 66,33 %)	47,50 (CV = 38,31 %)	47,50 (CV = 26,43 %)
	390	43,75 (CV = 62,26 %)	48,33 (CV = 41,59 %)	37,50 (CV = 110,55 %)
	780	28,33 (CV = 76,92 %)	75,00 (CV = 19,24 %)	61,66 (CV = 17,83 %)
10	0	45,00 (CV = 101,22 %)	45,00 (CV = 63,82 %)	62,50 (CV = 11,54 %)
	195	37,50 (CV = 57,73 %)	33,33 (CV = 81,00 %)	47,50 (CV = 26,43 %)
	390	37,50 (CV = 110,55 %)	54,58 (CV = 27,76 %)	37,50 (CV = 110,55 %)
	780	27,08 (CV = 66,61 %)	58,33 (CV = 62,26 %)	74,16 (CV = 9,43 %)

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha (dentro das diferentes doses de K) e maiúscula na coluna (dentro das diferentes doses de P), não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de significância ($p < 0,05$); P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Fonte: Autor (2021).

Entre as doses 0 kg ha^{-1} , 195 kg ha^{-1} , 390 kg ha^{-1} e 780 kg ha^{-1} de superfosfato triplo, não ocorreu diferença significativa para nenhuma dose de cloreto de potássio, bem como, entre as doses de 0 kg ha^{-1} , 172 kg ha^{-1} e 343 kg ha^{-1} de cloreto de potássio não ocorreu diferença significativa para nenhuma dose do superfosfato triplo em todas as idades.

Nesse contexto, o tratamento 12 (780-P + 343-K kg ha^{-1}) proporcionou os maiores percentuais de ocorrência fuste único e menor variação, possibilitando valor 73,75 % (CV = 11,11 %) aos 2 anos de idade e 74,16 % (CV = 9,43 %) aos 10 anos idade, tal crescimento possa ter ocorrido devido a redução da sobrevivência.

Apesar de o *T. vulgaris* apresentar fuste reto (MELO & HARIDASAN, 2010; FARIAS et al., 2016; TONINI et al., 2018), nos plantios experimentais observou-se considerável número de árvores com fustes perfilhados (YARED et al., 1988; ROLIM & PIOTTO, 2018). Yared et al. (1988), em trabalho similar no planalto do Tapajós, estado do Pará, identificou considerável

número de árvores com fustes perfilhados em plantio experimental de *T. vulgaris*. Estes autores atribuíram essa formação de fuste a um fator externo não identificado ocorrido no primeiro ano de plantio.

O perfilhamento na base da árvore pode ser limitante para a produção de toras de qualidade; e quando ocorre próximo da copa, embora indesejável, não acarreta problemas na utilização das toras mais valiosas (DOBNER JÚNIOR; VAGAES; HIGA, 2013). De acordo com Rosário (2019), árvores de *T. vulgaris* com fuste perfilhados apresentaram valores médios 7,18% menor de densidade básica em relação às árvores com fuste único aos 7 anos de idade. Desta forma, quando o destino é a carbonização, pode produzir um carvão vegetal de menor qualidade quando comparado ao de árvores de fuste único.

No solo com textura argilosa, o teste F ($p > 0,05$) indicou efeito não significativo das doses de superfosfato triplo e cloreto de potássio para o volume comercial com casca por hectare das árvores da espécie *T. vulgaris* aos 2, 8, 9 e 10 anos de idade. Por outro lado, houve efeito significativo conforme as interações dos nutrientes aos 4, 5 e 6 anos de idade para volume comercial com casca por hectare (Tabela 15).

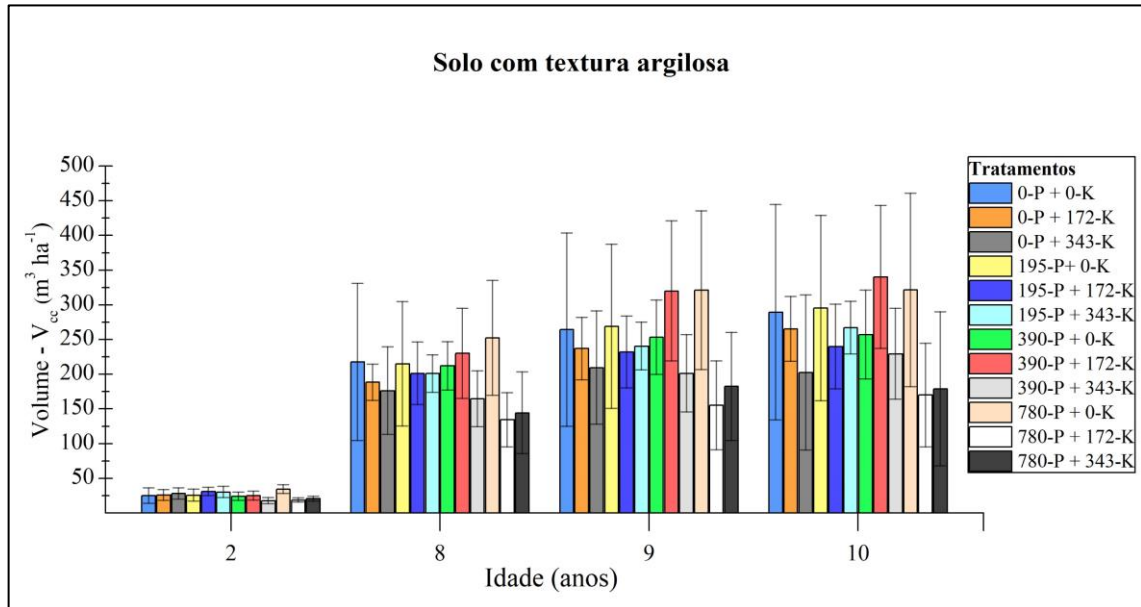
Tabela 15 – Resumo de p-valor da análise de variância para volume comercial com casca por hectare ($m^3 ha^{-1}$) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,4826 ^{ns}	0,7431 ^{ns}	0,9868 ^{ns}	0,9952 ^{ns}	0,6546 ^{ns}	0,6673 ^{ns}	0,5880 ^{ns}
K	2	0,5226 ^{ns}	0,1844 ^{ns}	0,1769 ^{ns}	0,3144 ^{ns}	0,1354 ^{ns}	0,1658 ^{ns}	0,2340 ^{ns}
P × K	6	0,0516 ^{ns}	0,0209 [*]	0,0212 [*]	0,0245 [*]	0,3863 ^{ns}	0,2448 ^{ns}	0,3941 ^{ns}
Blocos	3	0,4674 ^{ns}	0,4168 ^{ns}	0,8935 ^{ns}	0,1026 ^{ns}	0,4904 ^{ns}	0,6731 ^{ns}	0,6662 ^{ns}
CV _e (%)	-	31,20	23,10	25,43	27,15	36,69	40,88	45,33

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo ($kg ha^{-1}$); K – dose de cloreto de potássio ($kg ha^{-1}$); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância; ^{*} – Diferença estatisticamente significativa no teste F a 5% de significância.

A análise gráfica do volume comercial com casca por hectare aos 2, 8, 9 e 10 anos de idade pode ser visualizada na Figura 15.

Figura 15 – Média (\pm DP) para volume comercial com casca ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).
Fonte: Autor (2021).

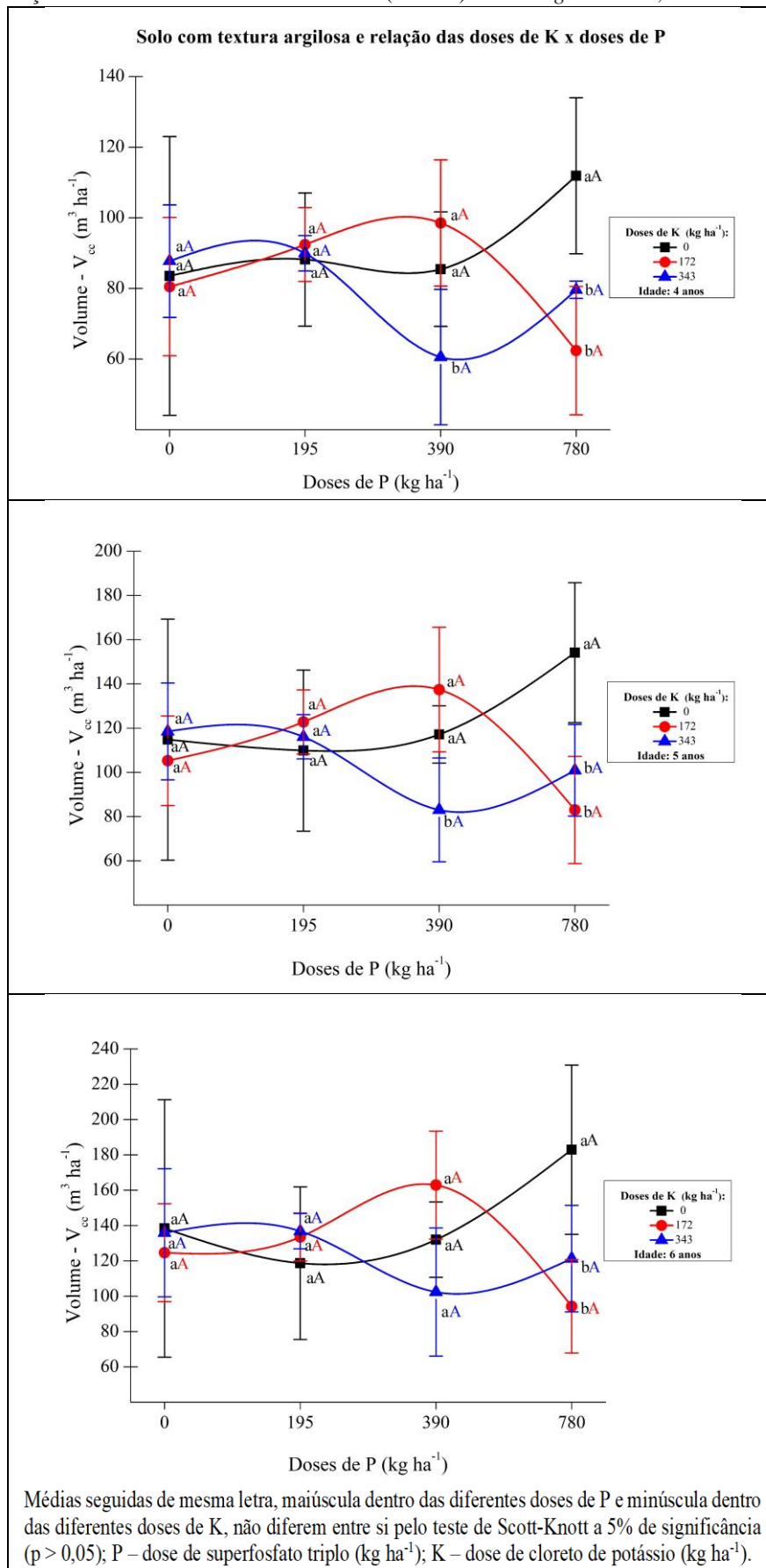
Os tratamentos extremos mostraram valores de $24,88 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 44,47 \%$); $217,53 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 51,99 \%$); $264,09 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 52,74 \%$) e $289,20 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 53,67 \%$) para a testemunha, e $20,59 \text{ ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 15,91 \%$); $144,38 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 40,72 \%$); $182,36 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 42,76 \%$) e $178,91 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 60,04 \%$) no tratamento de maior dose, respectivamente, possuindo grande variação em todas as idades.

Embora não tenha sido detectada diferença significativa, o tratamento que promoveu maior volume acima da média geral dos tratamentos e com menor variação para esse tipo de solo foi o tratamento 6 ($195\text{-P} + 343\text{-K kg ha}^{-1}$), com valores de $30,18 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 27,09 \%$); $200,83 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 13,48 \%$); $240 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 14,36 \%$) e $266,95 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($\text{CV} = 14,18 \%$) aos 2, 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente.

De acordo com as características químicas (Tabela 1), a área experimental argilosa possuía menores quantidades de fósforo (em média $1,9 \text{ mg dm}^{-3}$) comparativamente ao solo arenoso e, possivelmente, a dose 195 kg ha^{-1} de superfosfato triplo e 343 kg ha^{-1} de cloreto de potássio tenham sido satisfatórias para suprir a exigência da espécie nesta textura aos 2, 8, 9 e 10 anos de idade. Além disso, a aplicação de altas doses de superfosfato triplo não provocou aumento no volume comercial com casca por hectare, o que reforça a ideia de que o *T. vulgaris* possa ser adaptado a sítios de baixa fertilidade, independente da textura de solo, demonstrando que essa dose pode ser satisfatória para suprir a exigência desta espécie nesta condição de solo.

Segundo Shen et al. (2011), o fósforo fica em menor disponibilidade no solo de textura argilosa, provavelmente devido à fixação de fósforo por minerais de argila e complexos de óxido de alumínio e ferro no solo ou ambos. Latossolos amarelo de textura argilosa podem fixar potencialmente até 2.200 mg kg⁻¹ de fósforo no solo na camada de 0-5 cm e 1.900 mg kg⁻¹ de fósforo no solo na camada de 5-15 cm (KETTERINGS; NOORDWIJK; BIGHAM, 2002).

O desdobramento da interação (superfosfato triplo × cloreto de potássio) revelou dependência entre as doses de superfosfato triplo com doses de cloreto de potássio, conforme se pode observar na Figura 16.

Figura 16 – Interações do volume comercial com casca ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de *T. vulgaris* aos 4, 5 e 6 anos de idade.

Fonte: Autor (2021).

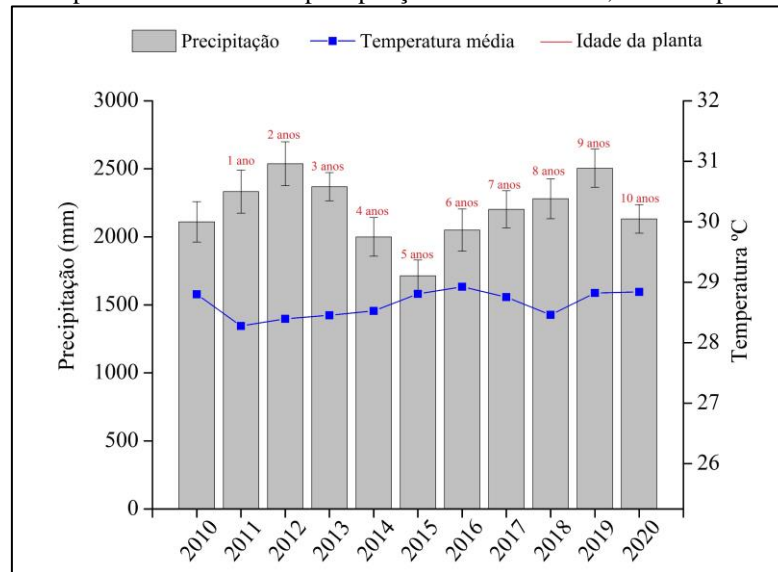
Para todas as idades e entre as doses de superfosfato triplo, não existiu diferença significativa. Dentro das doses de 0 kg ha^{-1} e 195 kg ha^{-1} de superfosfato triplo, nas idades de 4 e 5 anos, os tratamentos com os diferentes níveis de cloreto de potássio foram similares, ou seja, independente das doses superfosfato triplo e cloreto de potássio, eles foram considerados iguais quanto à resposta ao volume comercial com casca por hectare. No nível de 390 kg ha^{-1} de superfosfato triplo, as doses iniciais de cloreto de potássio se assemelharam, tornando no nível de 343 kg ha^{-1} diferente estatisticamente, nas idades de 4 e 5 anos. Na cota superior de superfosfato triplo (780 kg ha^{-1}), a dose nula de cloreto de potássio, se tornou superior, diferenciando-se estatisticamente aos 4, 5 e 6 anos.

Em resumo, tem-se que no solo argiloso a aplicação de superfosfato triplo não demonstrou diferença significativa para variável volume comercial com casca, já as com inserção de cloreto de potássio entre as doses de superfosfato triplo, observou-se diferença significativa. Portanto, pode-se considerar que a dinâmica de crescimento volumétrico da espécie *T. vulgaris* no solo argiloso ocorre diferente do solo com textura arenosa, ainda assim, vale destacar que o tratamento 6 ($195\text{-P} + 343\text{-K kg ha}^{-1}$) apresentou valor de volume acima da média entre os tratamentos e menor variação aos 4, 5 e 6 anos. Por outro lado, o tratamento 10 ($780\text{-P kg ha}^{-1} + 0\text{-K kg ha}^{-1}$) que apresentou maior volume, possuiu uma das maiores variações, para as mesmas idades. Isso demonstra que o tratamento 6, nas condições deste estudo, pode ser considerada como uma prática silvicultural de adubação mais adequada na textura de solo argilosa.

Estas interações puderam se expressar possivelmente devido ao índice pluviométrico reduzido a partir de 2014, conforme Figura 17.

Provavelmente o potássio dos tratamentos avaliados foram lixiviados nos anos iniciais de pluviosidade regular. Em seguida, nos anos de estresse hídrico a lixiviação foi reduzida, com isso, a liberação do potássio pela decomposição da serrapilheira foi retida no solo (solo argiloso possui maior CTC e maior capacidade de retenção de nutrientes), conseqüentemente, tornou-o disponível para a planta acarretando a interação nos anos de restrição hídrica. Nos anos subsequentes com maiores precipitações esse potássio pode ter sido lixiviado novamente. Neste sentido, as reduzidas chuvas, nos anos de 2014, 2015 e 2016 submeteram o *T. vulgaris* a estresse hídrico, no qual, com o alto teor de argila presente no solo o fez apresentar alterações no volume da árvore aos 4, 5 e 6 anos.

Figura 17– Índice pluviométrico em série anual de 2010 a 2020 da região do distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará. Colunas representam valores de precipitação e barras de erro, o desvio padrão.



Fonte: Autor (2021).

Vale lembrar que no Brasil não há plantações comerciais do *T. vulgaris*, e apenas estudos com plantações experimentais, não sendo possível fazer inferências precisas quanto aos aspectos silviculturais e de manejo (PINHEIRO et al., 2011). Ribeiro; Ferraz Filho; Scolforo (2017), ressaltaram que não existem muitos dados publicados sobre as tendências de crescimento da espécie em questão, o que existe são informações esparsas em plantios que apresentam características distintas em relação ao espaçamento, tratos silviculturais, regiões, ou consórcios com outras espécies. Nenhum trabalho apresenta a espécie em plantação comercial com idades superiores e com informações do ciclo de corte. Desta forma, a obtenção de informações dessa natureza se torna indispensável para que seja possível qualquer tipo de planejamento envolvendo a implantação comercial de *T. vulgaris*.

A sobrevivência pelo teste F ($p>0,05$) indicou resultado significativo para o fator doses de superfosfato triplo aos 2 anos e 4 anos de idade, significância da interação do superfosfato triplo e cloreto de potássio aos 5 anos e 6 anos de idade e diferença não significativa nas demais idades (Tabela 16).

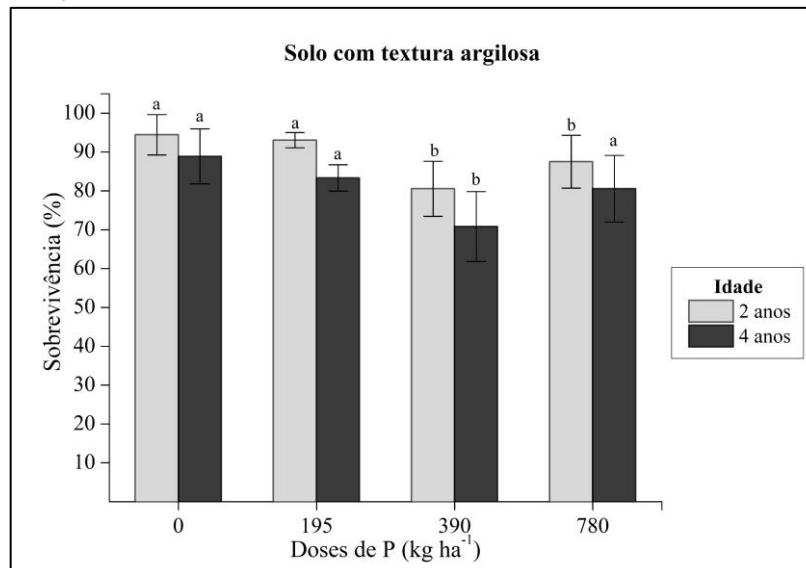
Tabela 16 – Resumo de p-valor da análise de variância da sobrevivência (%) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo de textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade.

FV	GL	Idade (anos)						
		2	4	5	6	8	9	10
P	3	0,0185 *	0,0232 *	0,1195 ^{ns}	0,0576 ^{ns}	0,7171 ^{ns}	0,8867 ^{ns}	0,3903 ^{ns}
K	2	0,1956 ^{ns}	0,4345 ^{ns}	0,5607 ^{ns}	0,6724 ^{ns}	0,7638 ^{ns}	1,0000 ^{ns}	0,7467 ^{ns}
P × K	6	0,2196 ^{ns}	0,0947 ^{ns}	0,0083 *	0,0046 *	0,2989 ^{ns}	0,2587 ^{ns}	0,5987 ^{ns}
Blocos	3	0,4688 ^{ns}	0,7849 ^{ns}	0,5165 ^{ns}	0,1566 ^{ns}	0,0521 ^{ns}	0,0536 ^{ns}	0,0576 ^{ns}
CV _e (%)	-	12,57	17,02	17,65	18,42	30,21	31,09	37,59

FV – fonte de variação; P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹); CV_e – coeficiente de variação experimental; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo estatisticamente no teste F a 5 % de significância; * – Diferença estatisticamente significativa no teste F a 5% de significância.

A sobrevivência aos 2 anos nas doses de 0 kg ha⁻¹ e 195 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (tratamento 1 a 3 e 4 a 6, respectivamente) foi superior e estatisticamente diferente às doses de 390 kg ha⁻¹ e 780 kg ha⁻¹ (tratamento 7 a 9 e 10 a 12, respectivamente), com 94,44 % (CV = 5,50 %) e 93,05 % (CV = 2,11 %), 80,55 % (CV = 9,79 %) e 87,5 % (CV = 7,77 %), respectivamente. Aos 4 anos, a única dose que diferiu foi a de 390 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, com 70,83 % (CV = 12,70 %), sendo inferior às demais. A dose 195 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo apresentou menor variação em ambas as idades (Figura 18).

Figura 18 – Média (±DP) para sobrevivência (%) das diferentes doses de superfosfato triplo em um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura argilosa aos 2 e 4 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.

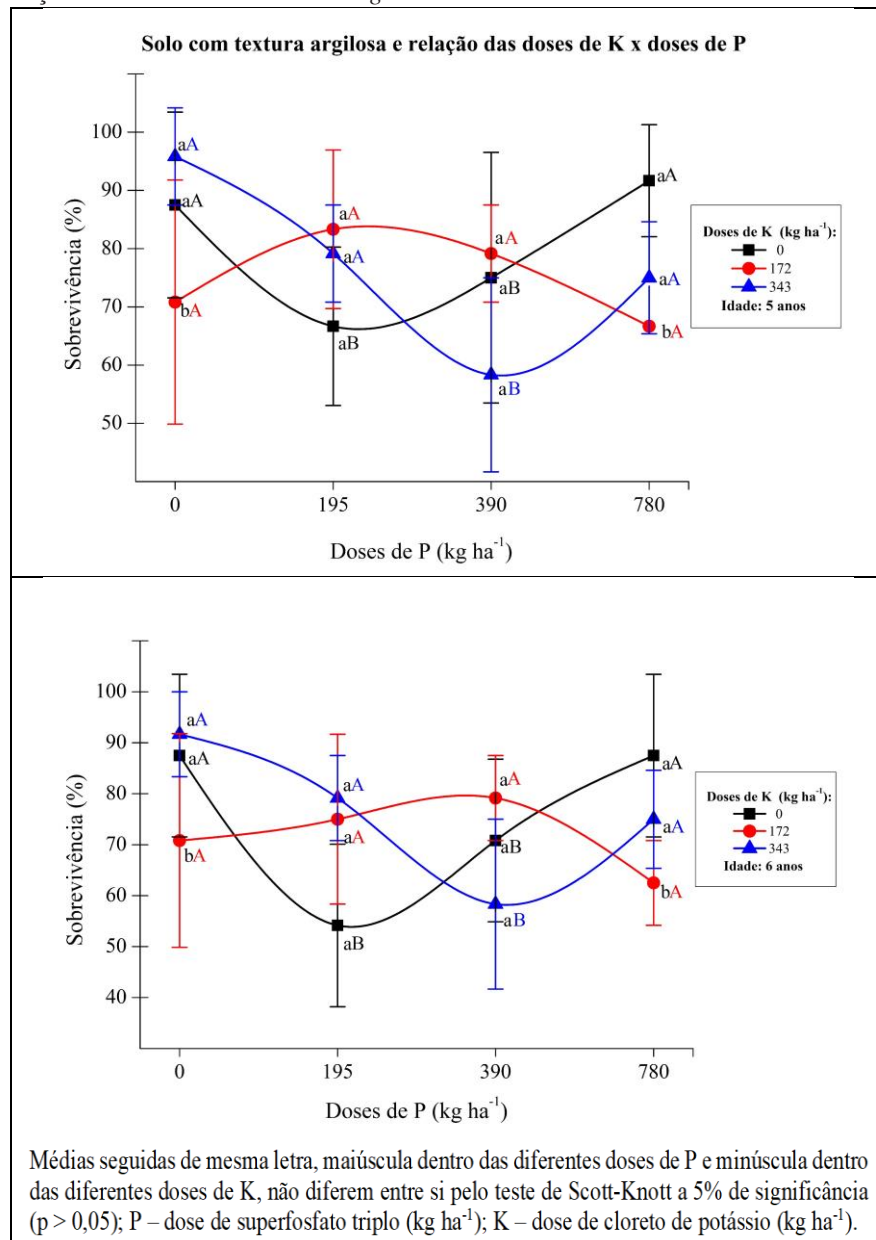


P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹).

Fonte: Autor (2021).

O desdobramento da interação revelou dependência entre as doses de superfosfato triplo com doses de cloreto de potássio para a sobrevivência nas idades de 5 e 6 anos, conforme pode-se observar na Figura 19.

Figura 19 – Interações da sobrevivência de *T. vulgaris* aos 5 e 6 anos de idade.



Fonte: Autor (2021).

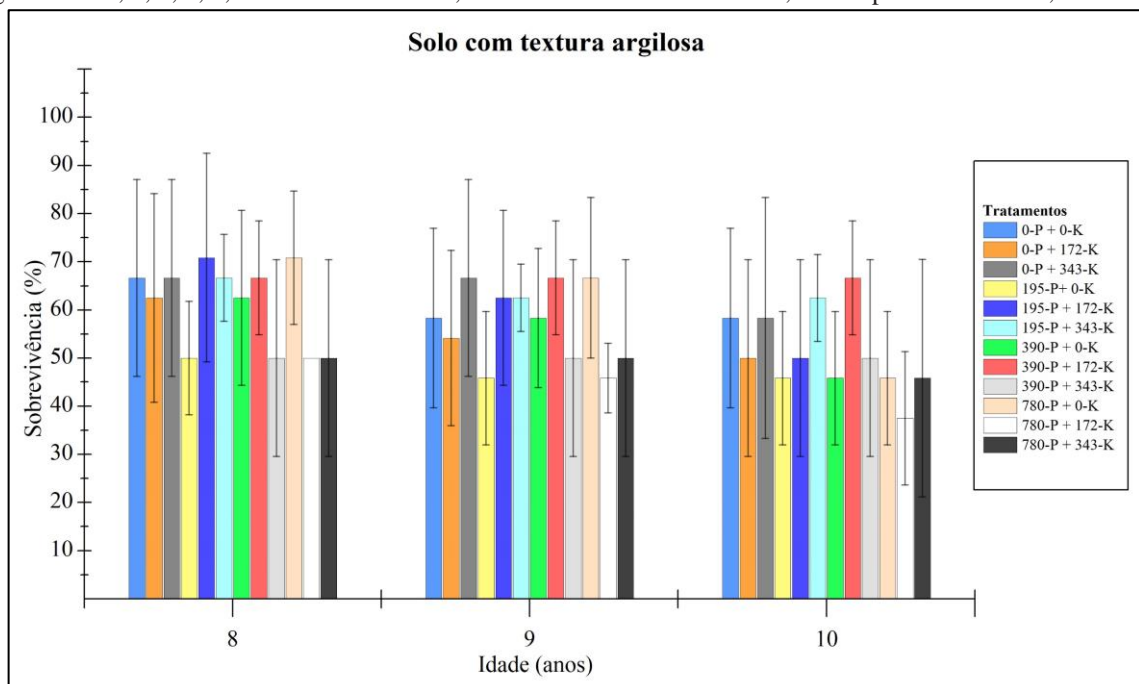
Existiu diferença significativa entre e dentro as doses de superfosfato triplo relacionando com as doses de cloreto de potássio. Na dose de 0 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, a dose 0 kg ha⁻¹ e 780 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo foram superiores estatisticamente, ou seja, atribuindo-se nenhuma dose de superfosfato triplo e de cloreto de potássio obteve-se porcentagem de sobrevivência igual a de incorporar uma dose máxima de superfosfato triplo testada neste trabalho. Na dose 172 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, não existiu diferença em nenhuma dose de superfosfato triplo. No nível 343 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, os resultados superiores foram para as doses 0 kg ha⁻¹, 195 kg ha⁻¹, e 780 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo aos 5 e 6 anos.

Analisando o cloreto de potássio dentro do nível 0 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, a diferença foi para a dose de 172 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, que foi inferior as demais. Nas doses 195 kg ha⁻¹ e 390 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, não houve diferença. Finalmente, em 780 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, a dose de menor valor foi 172 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. Portanto, apesar de toda essa variação, os níveis de adubos nulos e menores mostraram resultados superiores aos de incorporação máxima de adubo aos 5 e 6 anos.

Corroborando com a análise anterior, essas interações advêm do índice pluviométrico reduzido nos anos de 2014, 2015 e 2016 (Figura 17), ou seja, nas idades de 4, 5 e 6 anos, o que refletiu diretamente nas diferenças de percentuais de sobrevivência. Dito isto, a dose de 195 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 343 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (tratamento 6) proporcionou um dos maiores percentuais de sobrevivência e menor variação, podendo atribuir esses resultados à dose testada ser suficiente para atribuir um percentual de sobrevivência superior. Por outro lado, a variação da dose de 0 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 343 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (tratamento 3) proporcionou variação semelhante ao tratamento 6 para variável sobrevivência, todavia, promoveu reduzido desempenho nas demais variáveis.

A apreciação gráfica nos anos sem diferença significativa (8, 9 e 10 anos) para o parâmetro percentual de sobrevivência no solo com textura argilosa está representada na Figura 20.

Figura 20 – Média (\pm DP) para sobrevivência (%) de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo (kg ha⁻¹); K – dose de cloreto de potássio (kg ha⁻¹).

Fonte: Autor (2021).

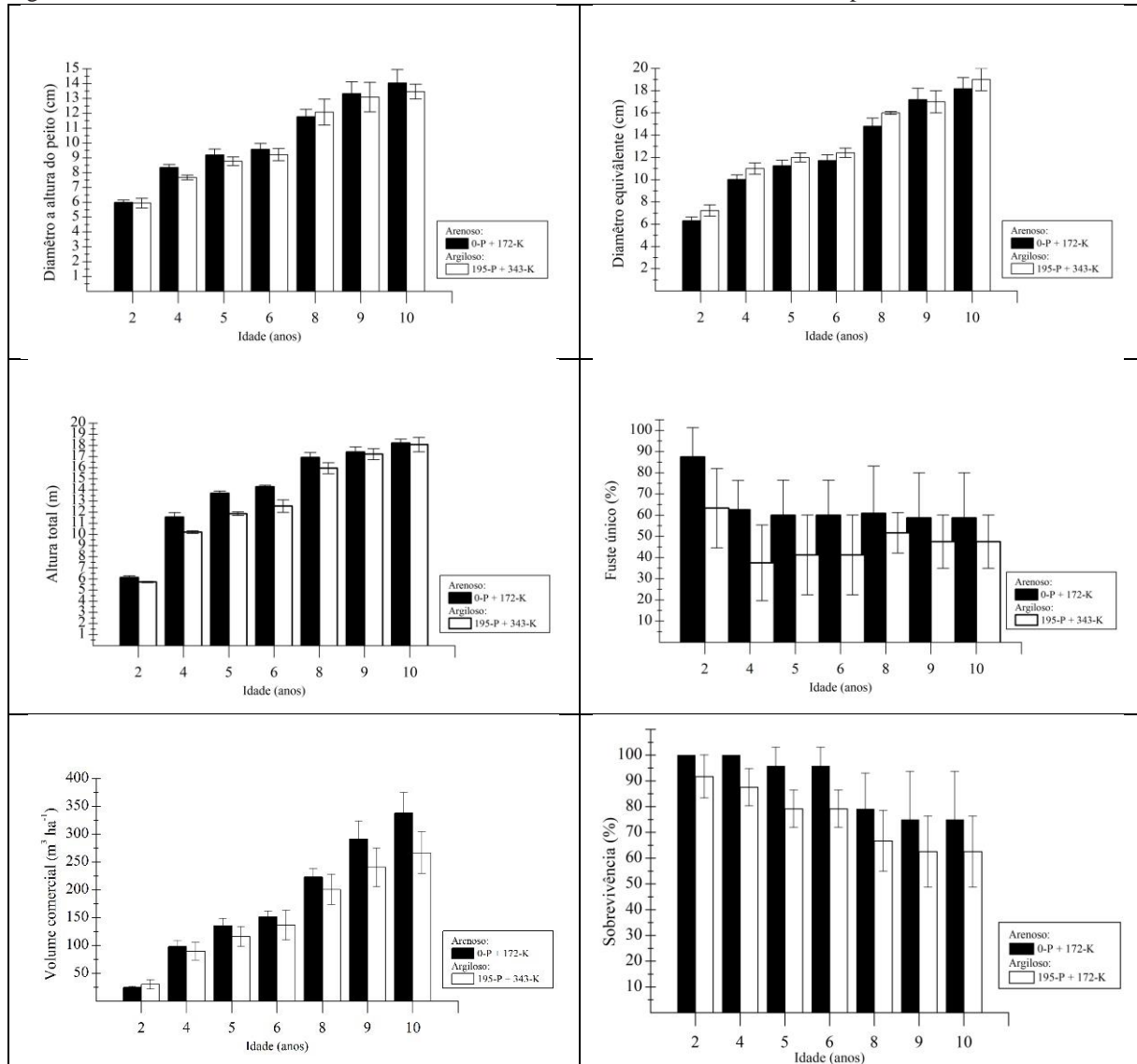
Os tratamentos extremos promoveram valores de 66,66 % (CV = 30,61 %); 58,33 % (CV = 31,94 %); 58,33 % (CV = 31,94 %) para as testemunhas e 50 % (CV = 20,41 %); 50 % (CV = 20,41 %); 45,83 % (CV = 24,65 %) no tratamento 12, aos 8, 9 e 10 anos de idade, concomitantemente. O tratamento 6, resultou em menores variações e valores de sobrevivência acima da média, sendo 70,83 % (CV = 17,67 %); 62,50 % (CV = 16,69 %); 50,00 % (CV = 17,01 %) aos 8, 9 e 10 anos de idade, respectivamente.

5.2 Efeitos da textura do solo no desenvolvimento de *Tachigali vulgaris*

5.2.1 Textura de solo arenoso × argiloso

Como verificado anteriormente, os tratamentos 0 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo com 172 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (tratamento 2) e 195 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo com 343 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (tratamento 6) proporcionaram valores acima da média e menores variações na maioria das variáveis estudadas no solo com textura arenosa e argilosa, respectivamente. Diante disto, considerando a divergência nas texturas de solo e levando em consideração a variável DAP dos fustes, altura total das árvores, percentual de ocorrência de fuste único, volume comercial com casca por hectare e percentual de sobrevivência, a textura arenosa possibilitou menor variação e maior média em todos os anos estudados, comparado à textura de solo argilosa. A variável que possuiu comportamento diferente foi D_{eq}, na qual o solo com textura argilosa possibilitou menor variação e maior média na maioria dos anos estudados, devido, possivelmente à maior ocorrência de árvores com fustes perfilhados (Figura 21).

Figura 21 – Média (\pm DP) para DAP, D_{eq} , altura total, percentual de fuste único, volume comercial com casca por hectare e percentual de sobrevivência de um plantio experimental de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa e argilosa aos 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



P – dose de superfosfato triplo ($kg ha^{-1}$); K – dose de cloreto de potássio ($kg ha^{-1}$).

Fonte: Autor (2021).

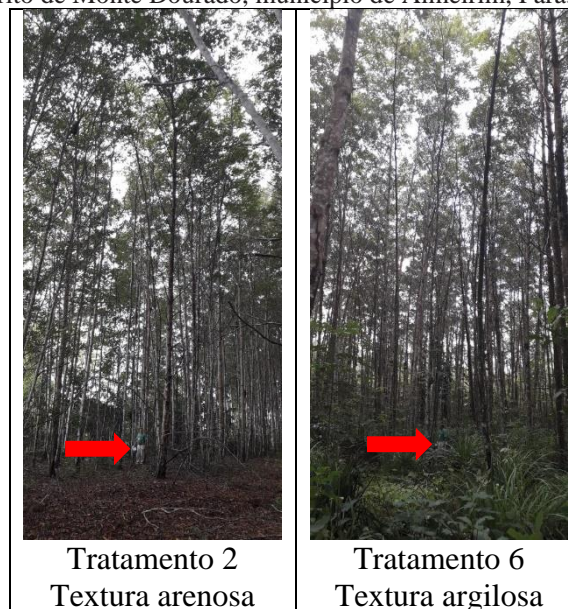
Sousa et al. (2018), estudando o crescimento inicial de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em solos de diferentes texturas, concluíram que, para diversos parâmetros de crescimento, como diâmetro, altura total e volume, o solo arenoso pode obter maior desenvolvimento e o solo com mais argila presente no substrato pode obter valores inferiores.

O fato dos incrementos de DAP, altura, volume proporcionados pelo solo com textura arenosa serem mais satisfatórios aos de solo argiloso coincide com os locais de distribuição natural de maior frequência (cerradões) da espécie (LIMA, 2004; SARCINELLI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006).

Quanto à porcentagem de ocorrência de fuste único e sobrevivência, o solo arenoso proporcionou melhores resultados, além de menor variação, em todas as idades. Silva; Gonçalves; Sales (2016) apontaram os plantios de *T. vulgaris* em solos com textura arenosa apresentaram taxa de sobrevivência maior quando comparado à textura argilosa, diferindo-se entre si, na qual explicaram que o período de plantio pode provocar maiores intervenções, como o de irrigação, provocando maior mortalidade.

Considerando o melhor desempenho do solo com textura arenosa, uma análise considerável pode ser observada na Figura 22. O solo com textura arenosa proporciona menor competição pela ausência de matocompetição e grande produção de serrapilheira comparado ao solo argiloso, possivelmente por proporcionar elevada taxa de infiltração e baixa retenção de água, reduzindo o desenvolvimento de outras vegetações e, conseqüentemente, eleva a taxa de sobrevivência do *T. vulgaris*, acarretando maior sombreamento do interior do plantio, reduzindo ainda mais a possibilidade do surgimento de plantas invasoras. Por outro lado, o solo argiloso possuiu maior teor de matéria orgânica (Tabela 1), na qual permitiu maior retenção de água, facilitando o desenvolvimento de outras vegetações, proporcionando maior competição ao *T. vulgaris*.

Figura 22 – Comparação visual de plantios experimentais de *T. vulgaris* em solo com textura arenosa e argilosa aos 10 anos de idade, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará.



Fonte: Autor (2021).

Neste contexto, Scolforo (1997), Leles et al. (1998) e Leite; Nogueira; Moreira (2006) afirmaram que as plantas invasoras podem intensificar a competição por recursos, como luz,

água e nutrientes, aumentando a mortalidade do plantio em virtude da menor disponibilidade de recursos.

A grande produção de serrapilheira forma uma camada orgânica no solo que são transformadas continuamente em matéria orgânica do solo, em que os elementos minerais são reabsorvidos pelas raízes superficiais das plantas (PIRES et al., 2006).

Santos et al. (2017) demonstraram que, em solo arenoso, a decomposição da serrapilheira é acelerada devido à sinergia que seus resíduos do plantio agregam ao processo. Quanto ao sombreamento, relaciona-se com a área útil específica de uma folha, que também é um importante fator para determinar a produtividade de uma comunidade vegetal, devido seu impacto indireto na sobrevivência (WINTER & OHLROGGE, 1973).

Segundo Severino; Vale; Beltrão (2007), a avaliação cuidadosa da área foliar é sem dúvida um fator que auxilia na tomada de decisão para se eleger uma cultivar mais produtiva, pois está relacionada diretamente com a capacidade fotossintética de interceptação da luz, que pode interferir na cobertura do solo, na competição com outras plantas e em várias outras características.

6 CONCLUSÃO

Em geral, o *Tachigali vulgaris* apresentou-se pouco exigente em fósforo e potássio.

Não houve influência significativa dos níveis de superfosfato triplo e cloreto de potássio para diâmetro equivalente, altura total, volume comercial com casca por hectare e percentual de sobrevivência no solo de textura arenosa em nenhuma das idades avaliadas. A textura arenosa influenciou significativamente o diâmetro à altura do peito e percentual de fuste único.

A fração argila influenciou significativamente a produção de volume comercial com casca por hectare, percentual de ocorrência de fuste único e percentual de sobrevivência de *T. vulgaris* entre os diferentes níveis de superfosfato triplo e cloreto de potássio.

Os resultados sugerem que a textura de solo e adubação influenciou na ocorrência de múltiplos fustes nas árvores de *T. vulgaris*.

Nas condições deste estudo, para implantação de florestas energéticas com *T. vulgaris* em área com latossolo amarelo de textura média arenosa e argilosa são recomendadas as doses nutricionais de 0 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo com 172 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 195 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo com 343 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, respectivamente.

Nas recomendações sugeridas, a espécie *T. vulgaris* apresentou desempenho superior em diâmetro à altura do peito, altura total, percentual de fuste único, volume comercial com casca hectare e percentual de sobrevivência no latossolo amarelo de textura média arenosa.

7 RECOMENDAÇÕES

Este estudo apresenta resultados científicos importantes do desenvolvimento de *Tachigali vulgaris* que contribuem para a silvicultura da espécie e o seu estabelecimento em plantios homogêneos em escala comercial para fins energéticos. No entanto, algumas recomendações devem ser consideradas para estudos e experimentos futuros:

Avaliar os efeitos de diferentes níveis de adubação, textura do solo e idade na qualidade da madeira, especificamente para atender demandas energéticas na Amazônia.

Aplicar as técnicas de densitometria de raios-x e dendrocronologia nos estudos de crescimento e qualidade da madeira de *T. vulgaris* nas diferentes texturas de solo e adubações.

Aprofundar os estudos sobre a exportação e acúmulo dos nutrientes em plantas de *T. vulgaris* em diferentes texturas de solo e função da idade da árvore, a fim de subsidiar a recomendação de adubos a serem adotados em florestas energéticas de curta rotação.

Analisar o efeito da idade, adubação e textura de solo na ocorrência de árvores com fustes perfilhados e as possíveis influências do tipo de fuste na qualidade do lenho de *T. vulgaris*.

Definir precisamente a adubação inicial dos plantios comerciais de *T. vulgaris* a partir da análise conjunta da qualidade da madeira e de fatores de manejo e silviculturais, como a idade de rotação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D. R. Avaliação silvicultural de espécies florestais no estado de Roraima. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v.1, n.3, p. 59-63, 2003.

ARNHOLD, E. **Analysis of variance and other important complementary analyses**. 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/easyanova/index.html>. Acesso em: 05 fev. 2021.

ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, M. R.; BIANCHI, M. L. Efeito da aplicação de nitrogênio na produção e qualidade da madeira e carvão vegetal de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e ambiente**, v. 1, n. 25, 2018.

BARBOSA, G. P.; NOGUEIRA, G. S.; OLIVEIRA, M. L. R.; BRUZINGA, J. S.; CASTRO, R. V. O.; DUTRA, G. C. Crescimento inicial de espécies florestais para fins de uso múltiplo na região central de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.3, p. 25256-25274, 2021.

BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLER, M. D.; COUTO, L. O estado-da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para a produção de energia: um enfoque nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2 p. 141-158, 2005.

BARROS, N. F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R. M.; DEFELIPO, B. V. Produção de eucalipto em solos de Cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, v.5, n. 1, p. 90-103, 1981.

BASSACO, M. V. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V.; PRIOR, S. A.; NISGOSKI, S.; FERREIRA, C. F. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements for *Eucalyptus Urograndis* plantations in southern Brazil. **New Forests**, v. 49, n. 5, p. 681–697. 2018.

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNADI, A. C. C.; OLIVEIRA, F. A. Potássio, cálcio e magnésio. *In*: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba, SP: IPNI, 2010. Cap. 3, p. 137-191.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BIAGIOTTI, G.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; VASCONCELOS, R. T. Fertilização potássica na implantação de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Jonhson. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 129-137, 2017.

BOGNOLA, I. A.; DEDECEK, R. A.; LAVORANT, O. J.; HIGA, A. R. Influência de propriedades físico-hídricas do solo no crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 61, p. 37-49, 2010.

BOUILLET, J. P.; LACLAU, J. P.; GONCALVES, J. L. M.; VOIGTLAENDER, M.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; HAKAMADA, R.; MARESCHAL, L.; MABIALA, A.; TARDY, F.; LEVILLAIN, J.; DELEPORTE, P.; EPRON, D.; NOUVELLON, Y. Eucalyptus and Acacia tree growth over entire rotation in single-and mixedspecies plantations across five sites in Brazil and Congo. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 89-101, 2013.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 790p.

BRIENZA JÚNIOR, S.; OLIVEIRA, R. P.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Plantio de árvores de crescimento rápido para recuperação de áreas agrícolas na Amazônia Oriental brasileira: avaliações de sobrevivência e produções de milho e mandioca. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 347-353, 2011.

CABREIRA, G. V.; SILVA, E. V.; PEREIRA, M. G.; PAULA, T. R. Root development and growth of mixed stands of *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mangium* under different types of soil tillage. **Floresta**, v. 51, n. 1, 2021.

CARPANEZZI, A. A.; MARQUES, L. C. T.; KANASHIRO, M. **Aspectos ecológicos e silviculturais de taxi-branco da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* Vogel)**. Curitiba: EMBRAPA–URPFCS, 1983. 8 p. (EMBRAPA URPFCS. Circular Técnica).

CARVALHO, A. P.; MENEGOL, O.; OLIVEIRA, E. B.; MACHADO, S. A.; POTTER, R. O.; FASOLO, P. J.; FERREIRA, C. A.; BARTOSZECK, A. Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 39, p. 51-66, 1999.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA - CNPF. Brasília, DF: EMBRAPA - SPI, 1994. 640 p.

CARVALHO, P. E. R. **Taxi-branco**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 11 f. (EMBRAPA FLORESTAS. Circular técnica, 111).

CASTRO, A. W. V.; FARIAS NETO, J.T.; CAVALCANTE, E. S. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). **Acta Amazônica**, v. 28 n. 2, p. 141-146, 1998.

CASTRO, C. E. C.; SILVA, P. H. M.; ARAÚJO, M. J.; MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T.; PAULA, R. C. Adaptabilidade, estabilidade e produtividade de progênies de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 118, p. 157-166, 2018.

CASTRO, V. R.; CHAMBI-LEGOAS, R.; TOMMASIELLO FILHO, M., SURDI, P. G.; ZANUNCIO, J. C.; ZANUNCIO, A. J. V. The effect of soil nutrients and moisture during ontogeny on apparent wood density of *Eucalyptus grandis*. **Scientific reports**, v. 10, n. 2530, 2020.

COSTA, K. C. P.; LIMA, R. M. B.; FERREIRA, M. J. Biomass and energy yield of leguminous trees cultivated in Amazonas. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 705-712, 2015.

COUTO, H. T. Z.; BRITO, J. O. Produtividade de plantações no Nordeste brasileiro. **Revista Instituto de pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)**, v. 3, n. 10, p. 71-83, 1990.

DEMOLINARI, R. A.; SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de monte dourado (PA). **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 503-512, 2007.

DIAS, L. E.; BRIENZA JÚNIOR, S.; PEREIRA, C. A. **Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel): uma leguminosa arbórea nativa da Amazônia com potencial para recuperação de áreas degradadas**. 1995. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201113/1/Taxi-branco.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

DOBNER JÚNIOR, M.; VAGAES, T. C.; HIGA, A. R. Aproveitamento do germoplasma de *Cryptomeria japonica* da estação experimental de Rio Negro, PR, visando a produção de sementes. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 363 - 372, 2013.

DVORAK, W. S. E.; KIETZKA, G. R.; HODGE, A.; NEL, G. A. D.; SANTOS, A. N. D. C.; GANTZ. Assessing the potential of *Pinus herrerae* as a plantation species for the subtropics. **Forest Ecology and Management**, v. 242, n. 2, p. 598-605, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análises do solo. **Centro Nacional de pesquisa em solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 2ª ed. 212 p., 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro: 412 p., 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Ministério de Minas e Energia. **Sistemas Isolados: planejamento do atendimento aos sistemas isolados horizonte 2023 – ciclo 2018**. Brasília, DF. 59 p., 2019.

ENNOS, A. R.; VAN CASTEREN, A. Transverse stresses and modes of failure in tree branches and other beams. **Proceeding of the Royal Society B**, v. 277, p. 1253-1258, 2010.

EPRON, D.; LACLAU, J.; ALMEIDA, J. C.; GONÇALVES, J. L. M.; PONTON, S.; SETTE JR, C. R.; DELGADO-ROJAS, J. S.; BOUILLET, J.; NOUVELLON, Y. Do changes in carbon location account for the growth response to potassium and sodium application subtropical *Eucalyptus* plantations. **Tree Physiology**, v. 31, p. 1-13, 2012.

FARIAS, J.; MARIMON, B. S.; SILVA, L. C. R.; PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; MORANDI, P. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 368, p. 173-182, 2016.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, p. 417-428, 2012a.

FREITAS, G. A.; VAZ-DE-MELO, A.; PEREIRA, M. A. B.; ANDRADE, C. A. O.; LUCENA, G. N.; SILVA, R. R. Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 5-12, 2012b.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Documentos Florestais, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. M.; DEMATTÊ, J. L. I.; COUTO, H. T. Z. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no estado de São Paulo. **IPEF**, n. 43-44, p. 24-39, 1990.

GOULART, I. C. G. R.; SANTAROSA, E.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. **Herbicidas registrados para a cultura do eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico).

HALOMOAN, S. S. T.; WAWAN; ADIWIRMAN. Effect of fertilization on the growth and biomass of *Acacia mangium* and *Eucalyptus* hybrid (*E. grandis* x *E. pellita*). **J. Trop. Soils**, v. 20, n. 3, p.157-166, 2015.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **2020 Relatório anual**. 2020. 66 p. (Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2020). Disponível em: <https://twosides.org.br/wp-content/uploads/sites/15/2020/10/relatorio-iba-2020.pdf> Acesso em: 20 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2020**. 2021. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2020_v35_informativo.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

KANE, B.; FARRELL, R.; ZEDAKER, S. M.; LOFERSKI, J. R.; SMITH, D. W. Failure mode and prediction of the strength of branch attachments. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 34, n. 5, p. 308-3016, 2008.

KETTERINGS, Q. M.; NOORDWIJK, M. V.; BIGHAM, J. Soil phosphorus availability after slash-and-burn fires of different intensities in rubber agroforests in Sumatra, Indonesia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 92, p. 37-48, 2002.

LEITE, H. L.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 603- 612, 2006.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, v.1, p. 277-294, 1985.

LIMA, R. M. B. **Crescimento do *Sclerolobium paniculatum* Vogel na Amazônia, em função de fatores de clima e solo**. 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220536/1/Revista-Floresta.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 2. 384p.

LORENZO, M. P. **Propriedades e atributos físicos do solo**. 2010. Disponível em: <http://marianaplorenzo.com/2010/10/15/pedologia-textura-dosolo/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; FÁTIMA, M.; COELHO, F.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consócio com mandioca. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.1, p. 22-29, 2012.

MARTORANO, L. G.; TOURNE, D. C. M.; LISBOA, L. S.; SOUSA, V. G.; SANTOS, L. S.; BRIENZA JÚNIOR, S. **Zoneamento topoclimático do taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L. F.) na Amazônia Legal: Estratégias de Planejamento com Metas de Desenvolvimento Sustentável.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 70p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos 435).

MCEWAN, A.; MAGAGNOTTI, N.; SPINELLI, R. The effects of number of stems per stool on cutting productivity in coppiced *Eucalyptus* plantations. **Silva Fennica**, v. 50, n. 2, p. 14, 2016.

MELO, E. A. S. C.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; HAKAMADA, R. E.; BAZANI, J. H., W. A. V. A.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; BORGES, J. S.; MALHEIROS, R.; LEMOS, C. C. Z.; FERREIRA, E. V. O.; FERRAZ, A. V. Responses of clonal eucalypt plantations to N, P and K fertilizer application in different edaphoclimatic conditions. **Forests**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2016.

MELO, J. T. **Efeito da adubação e calagem sobre o crescimento de carvoeiro.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 11p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados).

MELO, J. T.; HARIDASAN, M. **Resposta de mudas de carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. Leguminosae) a doses de N, P, K, Ca e Mg.** Embrapa Cerrados, 2010. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 278 / Embrapa Cerrados).

MOCHIUTTI, S.; MELÉM JUNIOR, N. J. M.; FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V. **Utilização do taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) para recuperação de solos degradados pela agricultura migratória.** 1998. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100117/1/CPAF-AP-1998-Taxi-branco.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JUNIOR, N. J. M. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de taxi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 52, p. 3-20, 2006.

MOULIN, J. C.; SILVA, S. R.; VIDAURRE. Efeitos da fertilização nas propriedades da madeira de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. V.; CARNEIRO, A. C. O. **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil.** Vitória, ES: EDUFES, p. 196-213, 2020.

OLIVEIRA, I. R. M.; VALE, A.T.; MELO, J.T.; COSTA, A. F.; GONÇALVES, J. C. Biomass and wood characteristics of the *Sclerolobium paniculatum* in different levels of fertilization. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 351-357, 2008.

OLIVEIRA, J. B.; VALE, A. T.; MELO, J. T. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2006.

OLIVEIRA, S. A.; MORAES, M. L.T.; BUZETTI, S. Efeito da adubação NPK com e sem boro no crescimento de *Eucalyptus citriodora* Hook.. **Ver. Inst. Flor.** v. 13, n. 2, p. 115-120, 2001.

ORELLANA, B. B. M.; VALE, A. T.; GONÇALEZ, J.; GUEDES, M. C.; ORELLANA, J. B. P.; LIMA, C. M. Produtividade energética da madeira de *Tachigali vulgaris* por classe diamétrica em plantios experimentais na Amazônia. **Nativa**, v. 6, p. 773-781, 2018.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da EMBRAPA Florestas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 68 p. (Embrapa Florestas. Documentos 214).

PAULA, R. R.; BOUILLET, J.P.; GONÇALVES, J. L.; TRIVELIN, P. C. O.; BALIEIRO, F. C.; NOUVELLON, J. C.; DEUS JÚNIOR, J. C.; BORDON, B.; LACLAU, J.P. Nitrogen fixation rate of *Acacia mangium* Wild at mid rotation in Brazil is higher in mixed plantations with *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden than in monocultures. **Annals of Forest Science**, v. 75, p. 1-14, 2018.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos africanos (*Khaya* spp.)**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011, 102 p.

PIRES L. A.; BRITEZ, R. M.; MARTEL, G. PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição de serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, p. 173-184, 2006.

RAMOS, L. O.; MIRANDA, R. O. V.; SOARES, A. A. V.; PROTÁSIO, T. P.; GONCALVES, D. A. Wood volumetry of *Tachigali vulgaris* pure plantations in different planting spacings. **Floresta**, v. 51, n. 4, p. 990-999, 2021.

REDE SPECIESLINK. **Coleção**. 2021. Disponível em: <http://splink.org.br>. Acesso em: 01 mar. 2021.

REETZ, H. F. Fertilizantes e o seu uso eficiente. Tradução: Alfredo Scheid Lopes. – São Paulo: **ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos**, 178 p. 2017.

RESENDE, M. D. V.; FANTINI JÚNIOR, M. **Bifurcação e quebra de copa em *Eucalyptus*: efeitos genéticos, ambientais e silviculturais**. Embrapa Florestas, 2001.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. O cultivo do mogno africano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 701-709, 2005.

ROCHA, J. E. C.; GAMA, M. A. P.; BRASIL, E. C.; LIMA, M. D. R.; BARROS JUNIOR, U. O. Recomendações de calagem e adubação para espécies florestais: Eucalipto. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. Brasília, DF: Embrapa. e. – 2. ed., p. 399-401, 2020.

- RODRIGUES, R. P.; GONÇALVES, D. A.; SILVA, A. R.; MARTINS, W. B. R.; DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G. Crescimento e mortalidade de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima em diferentes espaçamentos de plantio para a produção de biomassa. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 128, 2020.
- ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Samir G. Rolim & Daniel Piotto, 2018. p. 165.
- ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, D. S.; ROCHA, K. F.; BACCO, G. H. M. Potassium fertilisation with humic acid coated KCL in a Sandy clay loam tropical soil. **Soil Research**. 2017.
- RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 573-576, 2002.
- ROSÁRIO, W. A. S. Variações da densidade básica do lenho de *Tachigali vulgaris* em diferentes espaçamentos de plantio. **Monografia** (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. 2019. 37 p.
- ROUSSEAU, L.; FONTE, S. J.; TÉLLEZ, O.; HOEK, R.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*, **Amsterdam**, v. 27, p. 71-82, 2013.
- RYAN, M. G. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, 2010.
- SANTOS M. F.; CHAER G. M.; DINIZ, A. R.; BALIEIRO, F. C. Nutrient cycling over five years of mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia* on a sandy tropical soil. **Forest Ecology Management**, v. 384, p. 110–121, 2017.
- SANTOS, F. M.; BALIEIRO, F. C.; ATAÍDE, D. H. S.; DINIZ, A. R.; CHAER, G. M. Dynamics of aboveground biomass accumulation in monospecific and mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia* on a Brazilian Sandy soil. **Forest Ecology and Management**, v. 363, p. 86-97, 2016.
- SARCINELLI, T. S.; LYNCH, L. DE S.; RIBEIRO JÚNIOR., E. S.; DIAS, L. E. Crescimento de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel) em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista de ciências Agrárias**. n. 42, p. 109-124, 2004.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Universidade Federal de Lavras. FAPE. Lavras, 1997, 433p.
- SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M. A simple method for measurement of *Jatropha curcas* leaf area. **Revista Brasileira de Oleícolas e Fibrosas**, v. 11, n. 01, p. 9-14, 2007.
- SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiol**, n. 156, p. 997-1005, 2011.

SILVA, A. R.; GONÇALVES, A.; SALES, A. Desempenho do tachi-branco em resposta à adubação combinada de fósforo e potássio em Latossolos. **Acta Iguazu**, v.5, n.2, p. 37-48, 2016.

SILVA, C. J.; VALE, A. T.; MIGUEL, E. P. Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado do Tocantins. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 63-75, 2015.

SILVA, M. O. P.; CORRÊA, G. F.; COELHO, L.; RABELO, P. G. Avaliação de dois tratamentos de adubação em plantio de eucalipto clonal em solo arenoso. **Biosci. J.**, v. 28, n. 1, p. 212-222, 2012.

SILVA, M. O. S.; SILVA, M. G.; BUFALINO, L.; ASSIS, M. R.; GONCALVES, D. A.; TRUGILHO, P. F.; PROTÁSIO, T. P. Características termogravimétricas e combustão da madeira de *Tachigali vulgaris* proveniente de plantios com diferentes espaçamentos. **Scientia Forestalis**, v. 49, p. 3164, 2021b.

SILVA, M. O. S.; SILVA, M. G.; BUFALINO, L.; ASSIS, M. R.; GONÇALVES, D. A.; TRUGILHO, P. F.; PROTÁSIO, T. P. Variations in productivity and wood properties of Amazonian tachi-branco trees planted at different spacing for bioenergy purposes. **Journal of Forestry Research**, v. 32, p. 211-224, 2021a.

SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K. D.S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 7, p. 838-855, 2020.

SILVA, R. T.; SETTE JÚNIOR, C. R.; FRANCO, M. P.; TOMAZELLO FILHO, M.; LACLAU, J. P.; CHAIX, G. Disponibilidade hídrica e fertilização mineral nas características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1168-1179, 2019.

SIMÕES, P. H. O.; OLIVEIRA NETO, C. F.; VALE, R. S.; PALHETA, L. F.; PAULA, M. T. Crescimento e qualidade de mudas de *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Espacios**, v. 37, n. 38, p. 1-29, 2016.

SMILEY, E. T. Does included bark reduce the strength of codominant stem? **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 2, p. 104-106, 2003.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2ª. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 272 p.

SOUCHIE, F. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; MADARI, B.E.; MARIMON, B.S.; LENZA, E. Carvão pirogênico como acondicionamento para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 811-821, 2011.

SOUSA, K. L.D.; VIÉGAS, R. A.; VIANA, S. G.; BARROSO, R. F.; SILVA, F. A.; LUCENA, R. J. Crescimento inicial de mudas de pinhão manso cultivadas em solos de diferentes texturas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.13, n. 1, p. 127-131, 2018.

SOUSA, V. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; BARBOSA, M. G.; MARTORANO, L. G.; SILVA, V. C. Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima): botânica,

ecologia e silvicultura. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016, 37 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos 426).

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.

SOUZA, P. F.; SILVA, J. A.; LUCENA, D. C.; SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; LUCENA, M. F. A.; SOUZA, A. D. Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de Caatinga, São José de Espinharas – PB. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, 2016.

STALLBAUN, P. H.; BARAÚNA, E. E. P.; MONTEIRO, T. C.; VIEIRA, R. S.; SALES, N. D. L. P.; OLIVEIRA, L. S. Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago *Postia placenta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 459-463, 2016.

STALLBAUN, P. H.; BARAUNA, E. E. P.; PAES, J. B.; RIBEIRO, N. C.; MONTEIRO, T. C.; ARANTES, M. D. C. Resistência natural da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel a cupins em condições de laboratório. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

TOMASELLI, I.; MARQUES, L. C. T.; CARPANEZZI, A. A.; PEREIRA, J. C. D. Caracterização da madeira de tachi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) para energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 6-7, p. 33-44, 1983.

TONINI, H.; SCHWENGBER, D. R.; MORALES, M. M.; OLIVEIRA, J. M. F. Crescimento e qualidade energética da madeira de *Tachigali vulgaris* em diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1-8, 2018.

TSOUMIS, G.; PANAGIOTIDIS, N. Effect of growth condition on quality characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) **Wood Science and Technology**, v. 14, p. 301-310, 1980

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

VEZZANI, F. M.; TEDESCO, M. J.; BARROS, N. F. Alterações dos nutrientes no solo e nas plantas em consórcio de eucalipto e acácia negra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 225-231, 2001.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para geração de energia. **BNDES Setorial**, 33, 261-314. 2011.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LIBERALESSO, E. Crescimento e produtividade de povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 415- 421, 2011.

WINTER, S. R., OHLROGGE, A. J. Leaf angle, leaf area, and corn (*Zea mays* L.) yield. **Agronomy Journal**, v.65, n.3, p.395-97, 1973.

WIRABUANA, P. Y. A. P.; SADONO, R.; JUNIARSO, S. Fertilization effects on early growth, aboveground biomass, carbon storage, and leaf characteristics of *Eucalyptus Pellita* F. Muell. In South Sumatera. **Jurnal Manajemen Hutan Tropika**, v. 25, n. 3, p. 154-163, 2019.

YARED, J. A. G. Silvicultura de algumas espécies nativas da Amazônia. **Silvicultura**, v. 12, n. 42, t. 1, p. 119-122, 1990.

YARED, J. A. G.; M.; KANASHIRO, M.; CONCEIÇÃO, J. G. L. **Espécies florestais nativas e exóticas: comportamento silvicultural no Planalto do Tapajós - Pará.** EMBRAPA-CPATU, 1988. 29p. (Documentos, 49 / EMBRAPA-CPATU).

APÊNDICES

Tabela 17 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para o DAP em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Testes	Idade (anos)													
	2 anos		4 anos		5 anos		6 anos		8 anos		9 anos		10 anos	
	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.
Shapiro-Wilk	0,80	0,97	0,78	0,84	0,56	0,99	0,63	0,95	0,45	0,14	0,90	0,25	0,95	0,41
P	0,23	0,28	0,50	0,37	0,33	0,38	0,40	0,38	0,36	0,78	0,23	0,77	0,19	0,34
Bartlett	0,83	0,92	0,49	0,52	0,06	0,39	0,30	0,65	0,13	0,92	0,10	0,19	0,11	0,08
P x K	0,71	0,42	0,87	0,10	0,41	0,17	0,50	0,12	0,71	0,93	0,62	0,76	0,57	0,40

P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Are. – solo arenoso; Arg. – solo argiloso.

Tabela 18 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para o D_{eq} em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Testes	Idade (anos)													
	2 anos		4 anos		5 anos		6 anos		8 anos		9 anos		10 anos	
	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.
Shapiro-Wilk	0,48	0,38	0,14	0,18	0,58	0,25	0,50	0,08	0,24	0,46	0,41	0,49	0,63	0,49
P	0,95	0,67	0,78	0,15	0,75	0,32	0,84	0,15	0,25	0,37	0,70	0,10	0,07	0,55
Bartlett	0,73	0,41	0,87	0,05	0,55	0,05	0,64	0,05	0,69	0,05	0,05	0,21	0,18	0,13
P x K	0,86	0,94	0,80	0,18	0,67	0,3	0,75	0,07	0,41	0,22	0,55	0,48	0,41	0,75

P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Are. – solo arenoso; Arg. – solo argiloso.

Tabela 19 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para a altura total em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Testes	Idade (anos)													
	2 anos		4 anos		5 anos		6 anos		8 anos		9 anos		10 anos	
	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.
Shapiro-Wilk	0,26	0,34	0,18	0,12	0,26	0,15	0,55	0,25	0,97	0,17	0,59	0,69	0,71	0,86
P	0,67	0,76	0,10	0,36	0,53	0,60	0,62	0,92	0,16	0,25	0,49	0,54	0,30	0,41
Bartlett	0,20	0,27	0,21	0,33	0,52	0,09	0,31	0,38	0,86	0,24	0,45	0,85	0,37	0,21
P x K	0,93	0,86	0,70	0,68	0,93	0,71	0,94	0,51	0,54	0,44	0,52	0,77	0,48	0,63

P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Are. – solo arenoso; Arg. – solo argiloso.

Tabela 20 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para a porcentagem de ocorrência de fuste único em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Testes	Idade (anos)													
	2 anos		4 anos		5 anos		6 anos		8 anos		9 anos		10 anos	
	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.
Shapiro-Wilk	0,46	0,88	0,38	0,25	0,73	0,26	0,81	0,24	0,83	0,75	0,68	0,87	0,70	0,86
P	0,85	0,06	0,47	0,55	0,39	0,57	0,43	0,47	0,45	0,36	0,38	0,21	0,44	0,84
Bartlett	0,28	0,09	0,30	0,93	0,46	0,98	0,40	0,99	0,27	0,41	0,28	0,18	0,22	0,09
P x K	0,39	0,12	0,49	0,98	0,26	0,99	0,29	0,99	0,20	0,60	0,45	0,14	0,50	0,06

P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Are. – solo arenoso; Arg. – solo argiloso.

Tabela 21 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para o volume comercial com casca por hectare em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Testes	Idade (anos)														
	2 anos		4 anos		5 anos		6 anos		8 anos		9 anos		10 anos		
	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	
Shapiro-Wilk	0,47	0,40	0,18	0,15	0,67	0,25	0,57	0,09	0,25	0,42	0,49	0,35	0,61	0,44	
P	0,97	0,24	0,82	0,16	0,80	0,38	0,88	0,16	0,24	0,32	0,10	0,66	0,07	0,55	
Bartlett	K	0,73	0,33	0,75	0,38	0,51	0,65	0,61	0,24	0,69	0,43	0,20	0,44	0,18	0,14
P x K	0,73	0,66	0,79	0,17	0,68	0,36	0,75	0,08	0,39	0,18	0,45	0,53	0,40	0,76	

P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Are. – solo arenoso; Arg. – solo argiloso.

Tabela 22 – Resumo do teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) para a porcentagem de sobrevivência em nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Testes	Idade (anos)														
	2 anos		4 anos		5 anos		6 anos		8 anos		9 anos		10 anos		
	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	Are.	Arg.	
Shapiro-Wilk	0,48	0,50	0,13	0,46	0,62	0,06	0,77	0,45	0,84	0,40	0,69	0,44	0,57	0,97	
P	0,20	0,68	0,98	0,32	0,11	0,09	0,17	0,62	0,49	0,29	0,59	0,54	0,49	0,68	
Bartlett	K	0,80	0,32	0,53	0,36	0,82	0,39	0,85	0,66	0,77	0,56	0,81	0,40	0,85	0,47
P x K	0,30	0,56	0,20	0,81	0,56	0,46	0,68	0,93	0,76	0,82	0,78	0,97	0,71	0,96	

P – dose de superfosfato triplo (kg ha^{-1}); K – dose de cloreto de potássio (kg ha^{-1}).

Are. – solo arenoso; Arg. – solo argiloso.