

## Desenvolvimento e adubação alternativa de tachi-branco (*Tachigali vulgaris*) em savana amapaense, visando a produção de bioenergia

## Development and alternative fertilization of white tachi (*Tachigali vulgaris*) in the Amapá savanna, aiming at bioenergy production.

Henrique Novais Rodrigues<sup>1\*</sup> , Aldine Luiza Pereira Baia<sup>1</sup> , Marcelino Carneiro Guedes<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amapá – UNIFAP (PPG em Biodiversidade Tropical), Macapá, AP, Brasil

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Macapá, AP, Brasil

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Fonte de financiamento: O primeiro autor recebeu bolsa da CAPES, o projeto foi financiado por projeto Embrapa SEG 01.11.07.001.01.00

Conflito de interesses: Nada a declarar.

\*Autor correspondente: henrique26rd@gmail.com

Recebido: 1 julho 2024

ACEITO: 16 junho 2025

Editor: Alexandre de Vicente Ferraz.

**Como citar:** Rodrigues, H. N., Baia, A. L. P., & Guedes, M. C. (2025). Desenvolvimento e adubação alternativa de tachi-branco (*Tachigali vulgaris*) em savana amapaense, visando a produção de bioenergia. *Scientia Forestalis*, 53, e4099. <https://doi.org/10.18671/scifor.v53.11>

### RESUMO

O presente estudo investigou o desenvolvimento da espécie nativa *Tachigali vulgaris*, popularmente conhecida como tachi-branco, na savana amapaense, com foco na produção de bioenergia. A pesquisa teve como objetivo comparar o crescimento do tachi-branco em três diferentes condições de adubação: adubação alternativa (AA), composta por moinha de carvão vegetal e cama de avião; adubação mineral (AM), com base em NPK e micronutrientes minerais; e controle sem adubação (TT). O ensaio foi realizado no Campo Experimental do Cerrado (CEC) da Embrapa Amapá, localizado em Macapá, em um solo de baixa fertilidade e alta acidez. As mudas foram plantadas em 2011 e monitoradas até 2019; utilizou-se um delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com três tratamentos e quatro repetições, totalizando 12 parcelas e 780 mudas. Embora não tenha havido diferença significativa na altura média entre os tratamentos, a adubação alternativa destacou-se como o melhor tratamento para o incremento em diâmetro e volume. Independente da adubação ou sem adubação, o tachi apresentou idade de corte para bioenergia aos 4 anos. A adubação alternativa proporcionou os melhores resultados, com um IMA de 2,12 cm ao ano em diâmetro e um volume comercial de 229,3 m<sup>3</sup>/ha aos sete anos, demonstrando a eficiência desse tratamento em promover o crescimento da espécie. Com isso, conclui-se que o tachi-branco se apresenta como uma espécie adequada para a produção de bioenergia na Amazônia, com potencial significativo para substituir espécies exóticas tradicionalmente usadas na silvicultura brasileira, sugerindo, ainda que a adubação alternativa é uma estratégia viável e sustentável para o cultivo de tachi-branco na savana amapaense.

**Palavras-chave:** Silvicultura de nativas; *Tachigali vulgaris*; reutilização de resíduos.

### ABSTRACT

This study investigated the development of the native species *Tachigali vulgaris*, commonly known as tachi-branco, in the Amapá savannah, focusing on bioenergy production. The research aimed to compare the growth of tachi-branco under three different fertilization conditions: alternative fertilization (AA) composed of charcoal fines and poultry litter; mineral fertilization (AM), based on NPK and mineral micronutrients; and a control without fertilization (TT). The trial was conducted at the Cerrado Experimental Field (CEC) of Embrapa Amapá, located in Macapá, on soil with low fertility and high acidity; the trees were planted in 2011 and monitored until 2019. An experimental design of completely randomized blocks was used, with three treatments and four replications, totaling 12 plots and 780 seedlings. Although there was no significant difference in average height between the treatments, the alternative fertilization stood out as the best treatment for diameter and volume growth. Regardless of fertilization or lack of fertilization, tachi reached the harvesting age for bioenergy at 4 years. The alternative fertilization provided the best results, with an annual diameter increment of 2.12 cm and a commercial volume of 229.3 m<sup>3</sup>/ha at seven years, demonstrating the efficiency of this treatment in promoting the growth of the species. We conclude that tachi-branco is a suitable species for bioenergy production in the Amazon area, with significant potential to replace exotic species traditionally used in Brazilian forestry. Additionally, alternative fertilization is suggested as a viable and sustainable strategy for cultivating tachi-branco in the Amapá savannah.

**Keywords:** Native forestry; *Tachigali vulgaris*; refuse recycling.



## 1. INTRODUÇÃO

A savana amapaense é uma área com características únicas de fauna e flora, incluindo espécies endêmicas (Mustin et al., 2017). Apesar das condições desfavoráveis do solo, o agronegócio tem se expandido no Estado, especialmente com a cultura da soja (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018). Essa agricultura extensiva, que depende de mecanização, agrotóxicos e insumos químicos, tem baixa sustentabilidade ambiental e social (Mueller, 1995).

A dependência de adubos e corretivos químicos é problema para a expansão da agricultura na savana, uma vez que o solo da região, caracterizado por baixa fertilidade e alta acidez, necessita de correção e adubação para melhorar o desenvolvimento das plantas (Souza et al., 2006).

A silvicultura no Brasil tem sido tradicionalmente dominada por espécies exóticas como pinheiros e eucaliptos (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013). Pesquisas sobre a silvicultura de espécies nativas da Amazônia, como o tachi-branco, têm ganhado destaque (Silva et al., 2021a; Rodrigues et al., 2020; Ramos et al., 2021; Lima et al., 2023; Narducci et al., 2023).

O tachi-branco, pertencente ao gênero *Tachigali* da família Fabaceae, subfamília Caesalpinoideae, possui ampla distribuição geográfica no Brasil e outros países da América do Sul (Lima, 2012; Carvalho, 2005). Estudos demonstraram que a espécie possui um potencial significativo para crescimento, produção de biomassa e madeira adequada para uso energético, além da capacidade de fixação biológica de nitrogênio (Castro et al., 1990; Farias Neto et al., 2003; Orellana, 2015a, 2015b; Souza et al., 2019; Narducci et al., 2023).

Pesquisas recentes mostram que técnicas silviculturais adequadas, como espaçamentos corretos e adubação combinada com doses de nitrogênio e potássio, podem resultar em melhores incrementos de

diâmetro, altura, volume e biomassa para florestas energéticas de *T. vulgaris* (Palheta, 2020; Rodrigues et al., 2020; Narducci et al., 2021; Lima et al., 2023).

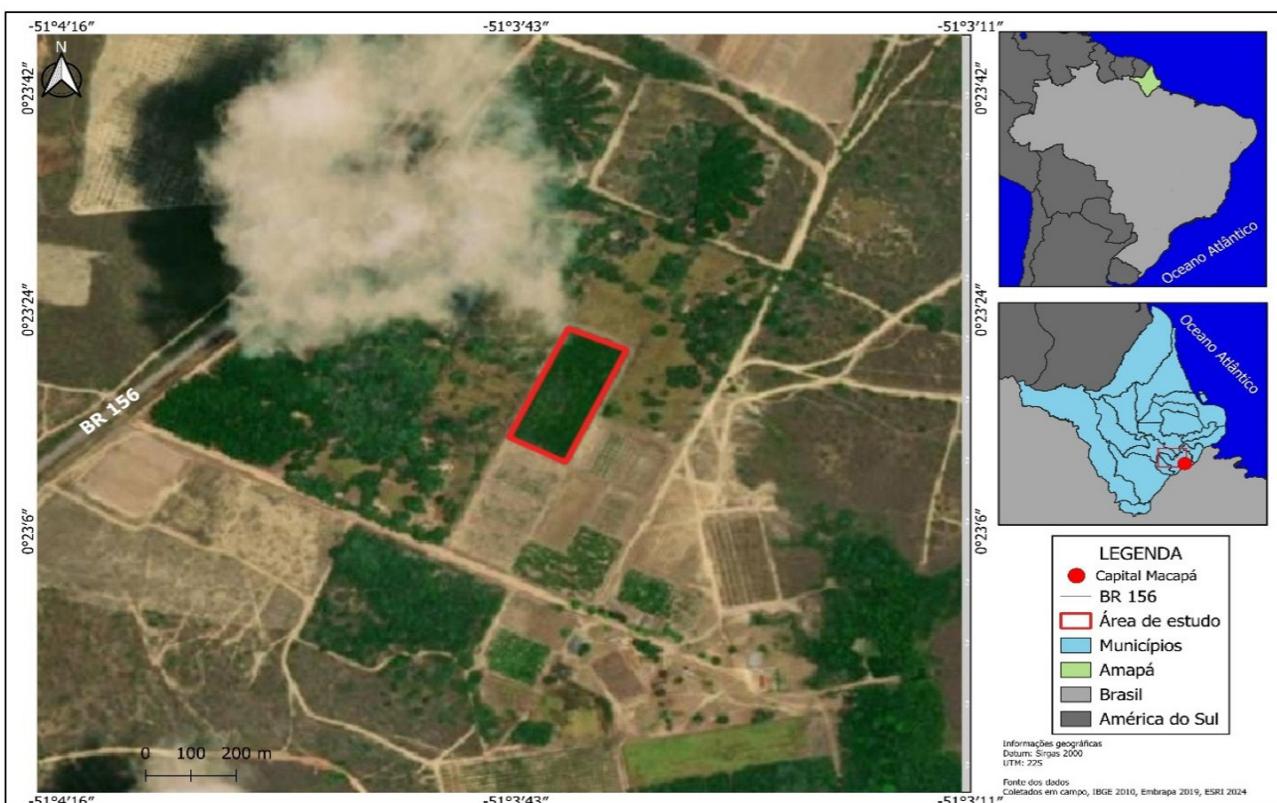
Considerando que o tachi-branco é uma espécie nativa da Amazônia e a necessidade de alternativas sustentáveis para a produção de bioenergia, a hipótese deste artigo é de que mudas de tachi-branco plantadas com adubação alternativa (moinha de carvão vegetal + cama de aviário) podem se desenvolver tanto quanto ou melhor que aquelas com adubação mineral. Assim, o objetivo do estudo é analisar o desenvolvimento do tachi-branco na savana amapaense, utilizando adubação mineral e alternativa, com vistas à produção de bioenergia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Campo Experimental do Cerrado (CEC), pertencente à Embrapa Amapá (Figura 1). O CEC está localizado no município de Macapá, localizado a 0° 22' de latitude Norte, 51° 04' de longitude Oeste e 50 m de altitude (Farias Neto et al., 2003) e (Castro et al., 1990).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da área é tropical, do tipo Ami, com precipitação pluvial anual em torno de 2.260 mm. A precipitação é concentrada entre os meses de janeiro e junho e a estação com pouca chuva ocorre no segundo semestre, principalmente nos meses de setembro e novembro (Castro et al., 1990; Meirelles et al., 2005; Tavares, 2014). A temperatura média anual é de 27,64°C e a umidade relativa do ar média é de 82% (Instituto Nacional de Meteorologia, 2019). O relevo da área é plano, com solo do tipo Latossolo Amarelo, com textura média, elevada acidez e baixa fertilidade (Melém Júnior et al., 2003). A vegetação predominante é de savana, tipo campo cerrado strictu sensu (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1990).



**Figura 1.** Localização do Campo Experimental do Cerrado e da Área do Experimento com tachi-branco, no município de Macapá, Amapá. Fonte: Daniele Gonçalves 2024.

## 2.2. Implantação e condução do experimento

O experimento foi iniciado em março de 2011, com o plantio das mudas, que apresentavam média de 0,85 m de altura e conduzido por, aproximadamente, 8 anos. As coletas de dados (altura e diâmetro) foram realizadas em janeiro de 2013, junho de 2014, junho de 2015, junho de 2016, junho de 2017, julho de 2018 e julho de 2019.

Na instalação do experimento foram utilizadas 780 (setecentos e oitenta) mudas de tachi-branco plantadas em BIC (Blocos Inteiramente Casualizados devido à variação no terreno), com 3 tratamentos e 4 repetições (blocos). Cada bloco contém 3 parcelas, totalizando 12 parcelas. Cada parcela foi instalada com 65 mudas, plantadas em espaçamento de 4 m x 4 m, conforme pode ser visualizado no croqui do desenho experimental abaixo (Figura 2).

As mudas foram produzidas na Empresa Jari Florestal, em tubetes plásticos com 280 cm<sup>3</sup> de capacidade cada. O substrato utilizado foi vermicultila (50%) e palha de arroz (50%). As mudas foram produzidas a partir de sementes coletadas de 15 matrizes nativas selecionadas, em áreas de transição floresta/Cerrado, nos municípios de Mazagão e Laranjal do Jari. Os critérios utilizados para selecionar as matrizes foram: árvore isenta de pragas e doenças, com copa bem desenvolvida, fuste único e bom crescimento em altura e diâmetro.

Para aplicação dos tratamentos de adubação, os fertilizantes foram misturados com a terra no fundo da cova, no momento do plantio. Também foi realizada adubação de cobertura, em duas covas laterais próximas à muda, aos 3 meses após plantio.

A análise química da terra e a análise granulométrica foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amapá, conforme métodos descritos em Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013), sendo os atributos analisados: pH, MO, P, K, Ca+Mg, Al, H+Al, SB, CTC pH7, V e M. Os tratamentos, por cova, foram os seguintes:

- AA: adubação alternativa – composta de moinha de carvão e matéria orgânica (plantio: 10 L de cama de aviário + 5 L de cinza e moinha de carvão; cobertura: 3 L de cinza e moinha).
- AM: adubação mineral – base de NPK e micronutrientes minerais (plantio: 267 g de Super fosfato triplo - SFT + 40 g de Sulfato de amônia - SA + 40 g de Cloreto de potássio - KCl + 5 g FTE BR12; cobertura: 40 g de SA + 40 g de KCl + 10 g FTE BR12).
- TT: Controle – sem nenhum tipo de adubação.

A coleta da moinha do carvão vegetal mais cinza foi realizada no município de Itaubal, Amapá, em uma empresa particular, terceirizada da AMCEL (Amapá Florestal e Celulose S.A.). Essa empresa montou uma carvoaria para aproveitamento de sobras da madeira de eucalipto para a produção de carvão, carbonizando também sobras do descascamento do eucalipto no campo.

BLOCO	IV	BLOCO	III	BLOCO	II	BLOCO	I
650 625 624 599 598	P	585 560 559 534 533	P	260 235 234 209 208	P	195 170 169 144 143	P
649 626 623 600 597	A	584 561 558 535 532	A	259 236 233 210 207	A	194 171 168 145 142	A
648 627 622 601 596	R	583 562 557 N 531	R	258 237 232 211 206	R	193 172 167 146 141	R
647 628 621 602 595	C	582 563 556 537 530	C	257 238 231 212 205	C	192 173 166 147 140	C
646 629 620 603 594	E	581 564 555 538 529	E	256 239 230 213 204	E	191 174 165 148 139	E
645 630 619 604 593	L	580 565 554 539 528	L	255 240 229 214 203	L	190 175 164 149 138	L
644 631 618 605 592	A	579 566 553 540 527	A	254 241 228 215 202	A	189 176 163 150 137	A
643 632 617 606 591	10	578 567 552 541 526	9	253 242 227 216 201	4	188 177 162 151 135	3
642 633 616 607 590		577 568 551 542 525		252 243 226 217 200		187 178 161 152 135	
641 634 615 608 589	A	576 569 550 543 524	A	251 244 225 218 199	A	186 179 160 153 134	T
640 635 614 609 588	A	575 570 549 544 523	A	250 245 224 219 198	M	185 180 159 154 133	T
639 636 613 610 587		574 571 548 545 522		249 246 223 220 197		184 181 158 155 132	
638 637 612 611 586		573 572 547 546 521		248 247 222 221 196		183 182 157 156 131	
715 690 689 664 663	P	520 495 494 469 468	P	325 300 299 274 273	P	130 105 104 79 78	P
714 691 688 665 662	A	519 496 493 470 467	A	324 301 298 275 272	A	129 106 103 80 77	A
713 692 687 666 661	R	518 497 492 471 466	R	323 302 297 276 271	R	128 107 102 81 76	R
712 693 686 667 660	C	517 498 491 472 465	C	322 303 296 277 270	C	127 108 101 82 75	C
711 694 685 668 659	E	516 499 490 473 464	E	321 304 295 278 269	E	126 109 100 83 74	E
710 695 684 669 658	L	515 500 489 474 463	L	320 305 294 279 268	L	125 110 99 84 73	L
709 696 683 670 657	A	514 501 488 475 462	A	319 306 293 280 267	A	124 111 98 85 72	A
708 697 682 671 656	11	513 502 487 476 461	8	318 307 292 281 266	5	123 112 97 86 71	2
707 698 681 672 655		512 503 486 477 460		317 308 291 282 265		122 113 96 87 70	
706 699 680 673 654	A	511 504 485 478 459	T	316 309 290 283 264	T	121 114 95 88 69	A
705 700 679 674 653	M	510 505 484 479 458	T	315 310 289 284 263	T	120 115 94 89 68	A
704 701 678 675 652		509 506 483 480 457		314 311 288 285 262		119 116 93 90 67	
703 702 677 676 651		508 507 482 481 456		313 312 287 286 261		118 117 92 91 66	
780 755 754 729 728	P	455 430 429 404 403	P	390 365 364 339 338	P	65 40 39 14 13	P
779 756 753 730 727	A	454 431 428 405 402	A	389 366 363 340 337	A	64 41 38 15 12	A
778 757 752 731 726	R	453 432 427 406 401	R	388 367 362 341 336	R	63 42 37 16 11	R
777 758 751 732 725	C	452 433 426 407 400	C	387 368 361 342 335	C	62 43 36 17 10	C
776 759 750 733 724	E	451 434 425 408 399	E	386 369 360 343 334	E	61 44 35 18 9	E
775 760 749 734 723	L	450 435 424 409 398	L	385 370 359 344 333	L	60 45 34 19 8	L
774 761 748 735 722	A	449 436 423 410 397	A	384 371 358 345 332	A	59 46 33 20 7	A
773 762 747 736 721	12	448 437 422 411 396	7	383 372 357 346 331	6	58 47 32 21 6	1
772 763 746 737 720		447 438 421 412 395		382 373 356 347 330		57 48 31 22 5	
771 764 745 738 719	T	446 439 420 413 394	A	381 374 355 348 329	A	56 49 30 23 4	A
770 765 744 739 718	T	445 440 419 414 393	M	380 375 354 349 328	A	55 50 29 24 3	M
769 766 743 740 717		444 441 718 415 392		379 376 353 350 327		54 51 28 25 2	
768 767 742 741 716		443 442 417 416 391		378 377 352 351 326		53 52 27 26 1	

**Figura 2.** Croqui da área do experimento, sobre silvicultura de tachi-branco com diferentes adubações, no município de Macapá, Amapá.  
Fonte: Autor, 2024.

### 2.3. Estimativa de altura do tachi-branco no experimento

As plantas foram monitoradas no período de 2011 a 2019. Aos 82 meses (em 2018) e 99 meses (em 2019) de idade, as coletas de dados de altura não foram realizadas devido a restrições operacionais. No entanto, o DAP foi mensurado nesses períodos. Assim, ajustaram-se quatro modelos hipsométricos não lineares para estimar a altura das plantas nos anos de 2018 e 2019 (Tabela 1).

Para a modelagem, utilizaram-se os dados coletados em 2017, em que foram separados 70% do banco de dados para calibração do modelo e 30% para validação. Os parâmetros de seleção utilizados foram: índice de Akaike (AIC), delta de Akaike ( $\Delta_i$ ) e peso de Akaike ( $w_i$ ). Como o AIC penaliza os modelos de acordo com o número de parâmetros estimados, seu menor valor e de  $\Delta_i$  indicaram o melhor modelo dentre os testados; já o peso de Akaike ( $w_i$ ) definirá o modelo que apresenta o melhor ajuste (Burnham & Anderson, 2002). Com isso, dentre os modelos selecionados para estimativa de altura, o que melhor se ajustou para os tratamentos AA e AM foi o modelo *In-In*, e para os dados sem adubação foi o *retangular-hipérbole* (Tabela 2).

### 2.4. Medição das plantas e estimativa de volume dos tachizeiros

As variáveis medidas nos tachizeiros foram altura total e o diâmetro. O diâmetro foi medido rente ao solo (DAS) e após as mudas atingirem a altura de medição do diâmetro à altura do peito – DAP (1,30 m do solo), passou-se a medir o DAP. Após o crescimento das mudas, as medições foram realizadas com o auxílio de uma régua invertida de 16 m, com leitura ao nível do olho e precisão de 1 cm, e com fita métrica de 1 mm de acurácia.

Com os dados de diâmetro e altura, o volume comercial com casca ( $V_{ci}$ ) de cada árvore de tachi-branco foi estimado por meio da

Equação 1, ajustada por Ramos et al. (2021) para *T. vulgaris*, com um coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ) de 0,95 e o menor erro padrão da estimativa percentual ( $S_{yx}\%$ ), com 9,40%.

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

Onde:  $V_{ci}$  = volume comercial com casca individual (até circunferência de 15 cm) estimado para a árvore da parcela, em  $m^3$ ;  $\exp$  = exponencial;  $\ln$  = logaritmo natural;  $D_{eq}$  = diâmetro equivalente (cm);  $H_t$  = altura total da árvore, em metros;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}\%$  = erro padrão da estimativa, em porcentagem.

Como, normalmente, o *T. vulgaris* apresenta vários fustes, o  $D_{eq}$  foi definido como o diâmetro único estimado por meio da área basal do indivíduo utilizado para se ter maior precisão (Ramos et al., 2021). Contudo, considerando que os indivíduos não apresentam fuste bifurcado, o  $D_{eq}$  é o próprio DAS e DAP (Sousa et al., 2016).

Depois da estimativa dos indivíduos de volume comercial com casca individual ( $V_{ci}$ ), os volumes comerciais foram convertidos em estimativa amostral por hectare, multiplicando-os pelo fator de proporcionalidade (F), calculado pela expressão  $F = A/a$  ( $A$ = área de um hectare por  $m^2$ ;  $a$  = área útil das árvores amostradas, em  $m^2$ ) (Equação 2).

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

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

**Tabela 1.** Modelos hipsométricos genéricos utilizados no nordeste da Amazônia para estimar altura (H) de tachi-branco dos anos de 2018 e 2019.

N	Modelo	Tipo	Nome*
1	$H = H_{max} (1 - \exp(-a^{*}dbh^{*}))$	Não linear	Weibull
2	$H = \exp(a + b^{*} \ln(dbh))$	Não linear	In-In
3	$H = a + b^{*} \ln(dbh)$	Não linear	In
4	$H = ((H_{max} * dbh) / (a + dbh))^{-b}$	Não linear	Retangular-Hiperbula

**Fonte:** Autor, 2024.

**Tabela 2.** Modelos ajustados para cada tratamento (Trat.), com seus respectivos graus de liberdade, coeficientes e erro padrão. Parâmetros analisados: índice de Akaike (AIC), delta Akaike ( $\Delta_i$ ) e peso de akaike ( $w_i$ ).

Trat.	Modelos	DF	$a \pm 1 \text{ SE}$	SE	$b \pm 1 \text{ SE}$	SE	AIC	$\Delta_i$	$w_i$
AA	2	1	<b>1,617791</b>	<b>0,151796</b>	<b>0,29034</b>	<b>0,059831</b>	<b>820,0443</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,4289</b>
	3	1	3,509355	1,440774	2,777745	0,578717	821,1279	1,0836	0,2495
	1	1	0,321897	0,082107	0,481227	0,102504	821,1456	1,1013	0,2473
	4	1	3,182618	1,301857	2,080028	1,09685	823,5495	3,5052	0,0743
AM	2	1	<b>1,76835</b>	<b>0,102412</b>	<b>0,226445</b>	<b>0,041541</b>	<b>746,7186</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,3249</b>
	3	1	4,870801	0,942531	2,188704	0,389976	746,9768	0,2582	0,2855
	1	1	0,438201	0,07832	0,406329	0,074244	747,1758	0,4572	0,2585
	4	1	1,962338	0,58593	2,308023	0,589962	748,5339	1,8153	0,1311
TT	4	1	<b>24,24957</b>	<b>10,88599</b>	<b>-5,6313</b>	<b>1,452995</b>	<b>787,7757</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,5889</b>
	2	1	1,487321	0,16377	0,366246	0,070707	789,061	1,2853	0,3097
	1	1	0,298682	0,079402	0,543901	0,116438	792,2858	4,5101	0,0618
	3	1	3,634579	1,412646	2,895009	0,619575	793,1693	5,3936	0,0397

**Fonte:** Autor, 2024.

## 2.5. Definição da idade ótima de corte do tachi-branco

Para obtenção da idade de corte ou ponto ótimo de corte dos tachizeiros, foi realizado o cálculo do Incremento Corrente Anual (ICA) – Equação 3, que mede o crescimento em volume da floresta no último ano, e o Incremento Médio Anual (IMA) – Equação 4, que mede o crescimento médio da plantação até determinada idade. Normalmente, quando o ICA fica menor o que o IMA, não é mais compensatório sob o ponto de vista econômico, manter o povoamento.

$$ICA = Vol_t - Vol_i \quad (3)$$

$$IMA = \frac{Vol_t}{Idade_t} \quad (4)$$

## 2.6. Análise de dados

Com os dados de crescimento em altura e diâmetro tabelados, foram testadas e ajustadas curvas de incremento anual para as diferentes adubações (AA; AM e TT) e para a espécie de tachi-branco, com o pacote “nlme”, do programa R (R 2022). As curvas de crescimento foram comparadas entre os tratamentos, utilizando a análise de variância (ANOVA), com medidas repetidas ao longo do tempo, pacotes “dplyr” e “rstatix”, do R (R 2022).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Desenvolvimento das plantas de tachi-branco em função da adubação

Após 8 anos de monitoramento do tachi-branco em savana amapaense, as árvores que receberam adubação alternativa apresentaram altura média de 10,77 m ( $\pm 1,074$  m), diâmetro médio de 14,8 cm ( $\pm 4$  cm) e volume médio de 0,119 m<sup>3</sup> ( $\pm 0,065$  m<sup>3</sup>) por indivíduo. As plantas que receberam adubação mineral mostraram os valores de altura média de 10,93 m ( $\pm 0,969$  m), diâmetro de 13,8 cm ( $\pm 3$  cm) e volume

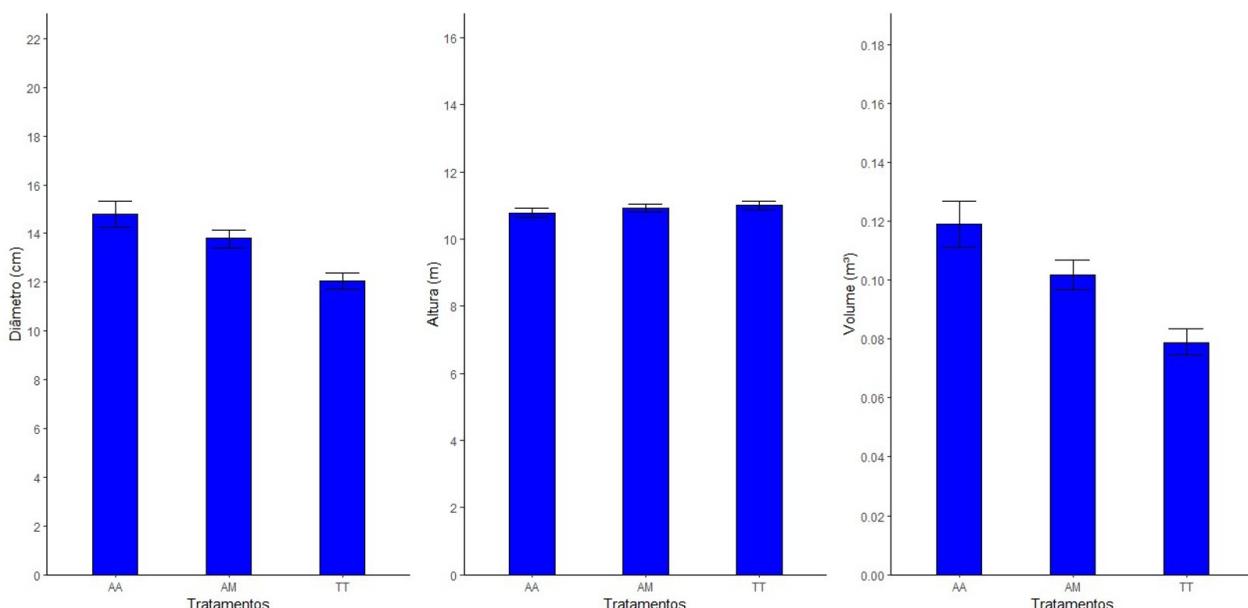
médio de 0,102 m<sup>3</sup> ( $\pm 0,04$  m<sup>3</sup>), e as árvores testemunhas apresentaram altura média de 10,99 m ( $\pm 1$  m), 12,04 cm ( $\pm 3$  cm) de diâmetro e 0,079 m<sup>3</sup> ( $\pm 0,037$  m<sup>3</sup>) de volume.

Os indivíduos que receberam adubação alternativa (cama de aviário e moinha de carvão vegetal) apresentaram maior crescimento médio ao final de 8 anos de crescimento, tanto em diâmetro (DF = 2; F = 54,61 e p < 0,001), quanto em volume (DF = 2; F = 76,729; p < 0,001), quando comparadas às plantas que receberam adubação mineral e àquelas que não receberam adubação.

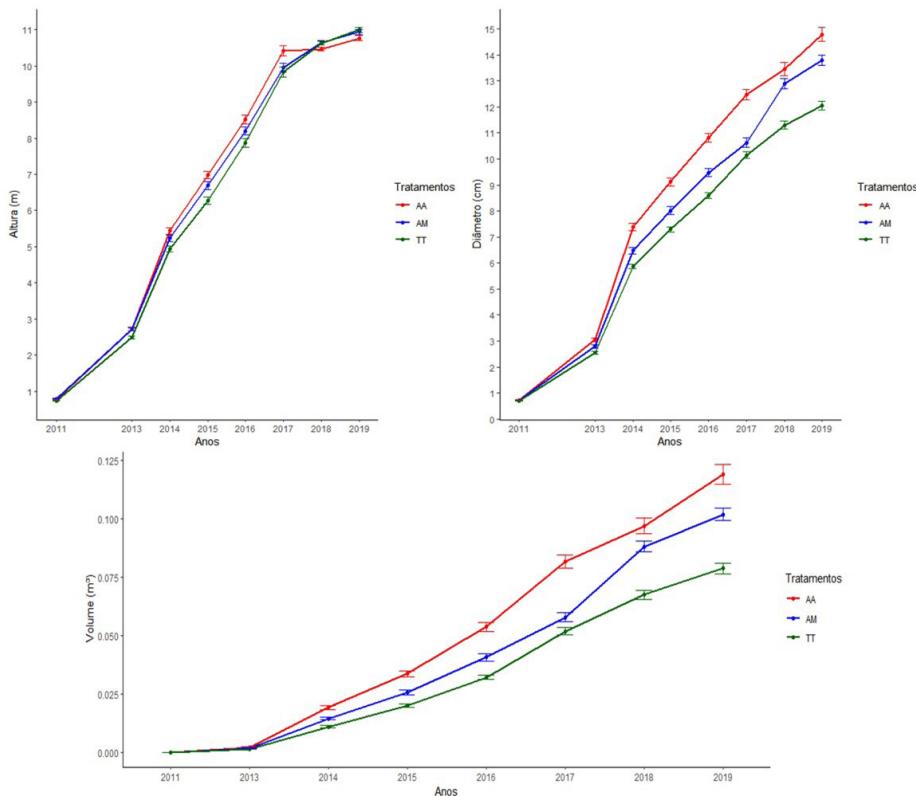
Levando em consideração todo o período avaliado dos tachizeiros, não houve diferença significativa entre os tratamentos para altura das árvores (Figura 3). As análises dos dados do crescimento do tachi-branco foram analisadas ao longo dos anos, realizando medidas repetidas ao longo do tempo para verificar a diferença entre os tratamentos AA, AM e TT.

Os tachizeiros que receberam adubação alternativa, não só apresentaram maior crescimento médio em diâmetro ao final do crescimento, mas também durante todos os 8 anos de medição, sempre mantendo, inclusive, as diferenças positivas em relação à adubação mineral (Figura 4)

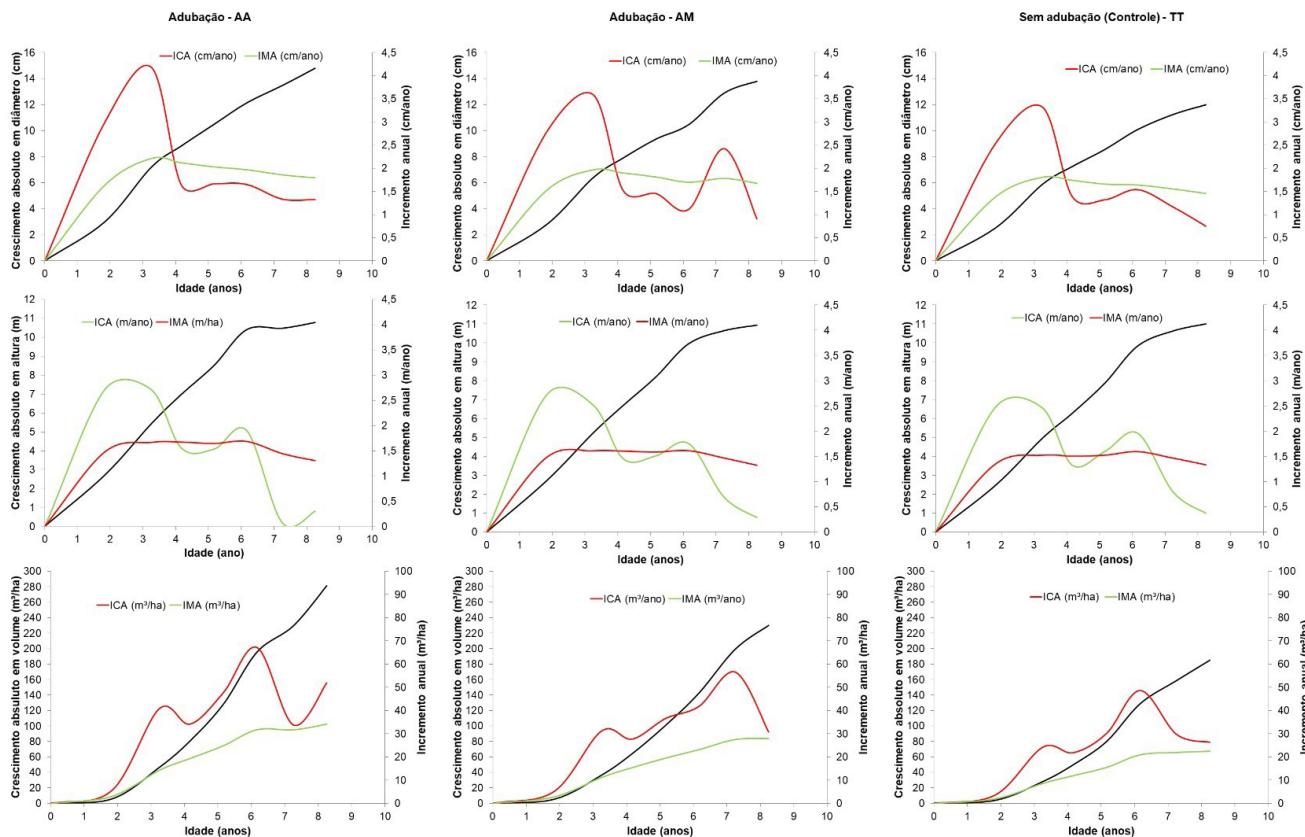
Avaliando o crescimento em diâmetro, altura e volume nos dois tratamentos e no controle ao longo dos 8 anos, para os diâmetros foi possível observar que há diferença entre os tratamentos (DF = 2; F = 54,61 e p < 0,001) de adubação para crescimento. No ano de 2013, houve diferença de crescimento em diâmetro apenas entre os tratamentos AA e TT. No ano de 2017, não houve diferença significativa entre os tratamentos AM e TT, mas o tratamento AA apresentou maior crescimento que ambos. Nos anos de 2014, 2015, 2016, 2018 e 2019 houve diferença entre todos os tratamentos. O efeito do tempo foi significativo (DF = 1; F = 18063,11; p < 0,001), considerando, inclusive, o tratamento controle, onde não houve aplicação de adubação (tratamento testemunha – TT). Isso ocorre devido ao diâmetro ser uma característica biológica que aumenta anualmente independentemente de adubação. Essa interação entre o tempo com os tratamentos (DF = 2; F = 60,29; p < 0,001), demonstra que houve alterações significativas nas trajetórias das curvas dos tratamentos, mas as adubações ao longo tempo foram mais efetivas do que o controle (plantio sem qualquer tipo de adubação) (Figura 4 e Figura 5).



**Figura 3.** Média e IC95% da altura e diâmetro de tachi-branco, 8 anos após plantio em Latossolo de ambiente de Savana amapaense com adubação alternativa (AA), adubação mineral (AM) e sem adubação (TT).



**Figura 4.** Média de altura, diâmetro e volume, com seus respectivos erros padrão, de tachi-branco que receberam adubação alternativa (AA), adubação mineral (AM) e sem adubação (TT), ao longo de 8 anos de crescimento após plantio em 03/2011, em Latossolo da Savana amapaense, Macapá, AP.



**Figura 5.** Resposta do incremento anual em altura, diâmetro e volume de tachi-branco, durante 8 anos após plantio (03/2011) e medições (março - 2011, janeiro - 2013 e junho - 2014 a 2019) realizadas em parcelas com adubação alternativa (AA), adubação mineral (AM) e parcelas sem adubação (TT).

O crescimento em altura mostrou diferença significativa apenas entre os anos (DF = 7; F=9929,886 e p < 0,001), o que é normal, haja vista que os indivíduos estão em constante crescimento. Porém, é notável observar que a diferença entre os tratamentos no crescimento de alturas entre os tachizeiros (DF = 2; F = 5.938, p = 0,00276) tem a interação do tempo, assim demonstrando que a interação entre tratamento e tempo também influenciam no crescimento das alturas. Observou-se que, entre as alturas medidas (2011 a 2017), em 2015 os tratamentos foram mais eficientes que o controle. Em 2016, houve uma diferença significativa entre os dois tratamentos e controle. Em 2017 o tratamento AA foi o que mais se destacou (Figura 4). Nos anos de 2018 e 2019, quando foram estimadas por modelo hipsométrico, o crescimento em altura não apresentou diferença entre as médias (Figura 4).

As variáveis de diâmetro e altura são importantes para definir o volume, em metros cúbicos, de madeira das espécies. Para o tachi-branco, os tratamentos foram importantes e significativos para o crescimento volumétrico (DF = 2; F = 76,729; p < 0,001). Foi possível observar que a maior diferença que existe é no decorrer do tempo (DF = 7; F = 1888,69; p < 0,001) e a influência dele nos tratamentos (DF = 14; F = 27,22; p < 0,001). Observou-se que o tratamento AA foi o que melhor respondeu para o crescimento da espécie de tachi-branco (Figura 3 e Figura 4), apresentando diferença significativa tanto em relação ao controle quanto ao tratamento de adubação mineral.

Considerando os resultados obtidos no Incremento Corrente Anual - ICA e Incremento Médio Anual - IMA em Altura (H), Diâmetro e Volume (V) de *Tachigali vulgaris* ao longo de 8 anos, é possível observar que não houve grandes variações na idade ótima de corte entre os tratamentos. Quando são analisados os incrementos, tanto em diâmetro quanto em altura, verifica-se que a idade para corte dos tachizeiros é de, aproximadamente, 4 anos para os três tratamentos. Para o tratamento AM, observou-se que o ICA e IMA se cruzam em dois momentos, tanto em altura quanto em diâmetro, o primeiro em 4 anos e o segundo em 7 anos de idade (Figura 5).

A interpretação dessa relação entre os cruzamentos dos incrementos para as variáveis H, Diâmetro e V, pode variar de acordo com a finalidade de uso da madeira dos tachizeiros, como, por exemplo, quando se tem a produção de biomassa, lenha ou carvão para fins energéticos. Quando se analisa a produção volumétrica (Figura 5), observa-se que ainda não houve cruzamento das linhas do ICA e do IMA. Isso indica que 8 anos não foram suficientes para determinar a idade ótima de corte. No entanto, houve uma aproximação no tratamento AA no sétimo ano, pelo menos 1 ano antes do que os outros tratamentos.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA)

Caracterizado como uma espécie de crescimento e acúmulo de biomassa intermediário para enriquecimento florestal (Brienza Junior et al., 2022), *T. vulgaris* é uma espécie que favorece o processo de regeneração natural. Após a realização de tratos culturais como roçagem, em quatro anos a mesma pode favorecer a regeneração e desenvolvimento de espécies de sub-bosque, a partir do banco de semente do solo e de bancos externos (Narducci et al., 2021).

Em 5,5 anos o *T. vulgaris* pode alcançar um IMA em diâmetro de 1,7 cm ano<sup>-1</sup> com um DAP médio de 9,1 cm (Brienza Junior et al., 2022). Isso corrobora o que foi encontrado neste estudo, quando em 5 anos foi alcançado um IMA em diâmetro de 1,66 cm ao ano sem adubação (DAP médio: 8,6 cm). As árvores que receberam adubação mineral alcançaram IMA de 1,81 cm ao ano (DAP médio: 9,4 cm), mas naquelas

que receberam adubação alternativa o IMA sobe para 2,03 cm ao ano, com DAP médio de 10,5 cm (Figura 5). Com esse crescimento rápido, o *T. vulgaris* pode ser uma espécie recomendada para a produção de energia, uma vez que sua madeira é similar à do eucalipto e a espécie apresenta características de plantio mais eficientes (Farias et al., 2016; Brienza Junior et al., 2022).

De maneira geral, a adubação alternativa – AA favoreceu um maior percentual de crescimento nos tachizeiros de 18% entre AM e 34% da testemunha (TT). Este crescimento reflete que a AA foi a adubação que apresentou maior crescimento no mesmo espaço de tempo para bioenergia, comparadas à adubação mineral e sem adubação ao longo dos 8 anos do experimento. Com o cruzamento dos incrementos em diâmetros, a idade de corte encontrada para fins bioenergéticos foi de 4 anos, em que a adubação alternativa apresentou os melhores valores de crescimento para o diâmetro de 2,12 cm ao ano para o IMA; ICA de 1,64 cm ao ano, com valor de diâmetro médio de 8,82 cm. Com a adubação mineral, aos 4 anos o incremento médio anual foi de 1,90 cm ao ano, crescimento corrente anual de 1,52 cm ao ano e diâmetro médio de 7,90 cm. Sem nenhuma adubação a espécie tem IMA, em savana/cerrado, cerca de 1,74 cm ao ano, com incremento corrente anual de 1,39 cm ao ano, chegando a obter diâmetro médio de 7,25 cm.

O incremento diamétrico de *Tachigali vulgaris* para bioenergia, como material lenhoso para combustão direta, é ideal em diâmetros de aproximadamente 8 cm aos 4 anos, sendo adequado para empreendimentos que demandam lenha, como padarias. Em um estudo de dendrocronologia utilizando o modelo GOL, Guimarães (2019) determinou que o ciclo de corte para fins energéticos do *T. vulgaris* é de aproximadamente 6 anos. Esta conclusão é corroborada por Brienza Junior et al. (2022), que também afirmam que o ciclo de corte para uso energético do tachi-branco é de 6 anos.

Em volume, não houve cruzamentos dos incrementos para se definir idade de corte com fins madeireiros, porém, os valores de ICA (15 m<sup>3</sup>/ha) e IMA (34 m<sup>3</sup>/ha) se aproximaram na idade de 7 anos, com volume de 229,3 m<sup>3</sup>/ha, demonstrando o rápido crescimento da espécie após o plantio, e denotando que esta é capaz de atingir até 4,5 m de IMA e rápido acúmulo volumétrico (Rodrigues et al. 2020). Este valor está acima do IMA em altura (1,44 m) aos 7 anos. Quando foi considerada a produtividade em volume, no 7º ano do tratamento AA houve uma aproximação entre as duas linhas, pelo menos um ano antes do que os tratamentos AM e TT (Figura 5). Nessa idade, a madeira de *Tachigali vulgaris* já apresenta propriedades físico-químicas e térmicas satisfatórias aos procedimentos de conversão termoquímicos, principalmente em pirólise, combustão (Silva et al., 2021a, 2021b) e densidade energética de 9,15 GJ m<sup>-3</sup> (Silva et al. 2021b). Quando se compara este valor com a densidade energéticas de clones de *Eucalyptus* para comercialização para fins energéticos, verifica-se que este varia de 8,2 a 10,3 GJ m<sup>-3</sup> (Protásio et al., 2020).

Outros estudos obtiveram maior valor absoluto de incremento em diâmetro para o tratamento em que houve o uso de moinha de carvão vegetal. Isso é bem evidenciado por Castro et al. (1990), que apresentaram um incremento médio anual de 2,2 m/ano, diâmetro de 2,9 cm ao ano e volume de 9,2 m<sup>3</sup>/ ha<sup>-1</sup>. Lima (2004), obteve valores significativos em IMA de 2,1 para altura, 2,9 diâmetro e volume/ha de 14,44 m<sup>3</sup>. Os autores ressaltam que a espécie poderia render maiores incrementos com a utilização de técnicas adequadas de manejo.

Tais técnicas podem aumentar a produtividade do tachi-branco, melhorando a qualidade da madeira e determinando idades ótimas de corte. Pesquisas indicam uma variação no incremento médio anual de 20-25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, influenciando as idades de corte entre 3 e 11 anos (Patrício, 2021).

Em experimentos com *Tachigali vulgaris* plantados em espaçamento de 3 m x 3 m, as produções volumétricas estimadas variaram de 133 a 476 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aos 6 e 11 anos, respectivamente. Autores sugerem que espaçamentos maiores entre as plantas favorecem o crescimento (Souza et al., 2008; Rodrigues et al., 2020; Patrício, 2021). Assim, espaçamentos menos adensados, como 4 m x 4 m, combinados com adubação adequada, podem resultar em um desenvolvimento significativo da planta, já que podem levar a espécie a absorver grandes quantidades de fósforo, elemento este elemento crucial no metabolismo das plantas que desempenha um papel importante na transferência de energia da célula, tanto na respiração como na fotossíntese, além de ser um componente estrutural dos ácidos nucléicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios (Grant et al., 2001; Reetz, 2017; Narducci et al., 2023).

É importante ressaltar que a comercialização de produtos oriundos do tachi-branco (carvão vegetal e lenha) já são utilizados por indústrias e comunidades tradicionais da Amazônia para fins bioenergéticos (Stallbaun et al., 2016; Martorano et al., 2018), colaborando na renda do pequeno produtor.

De modo geral, mesmo sem adubação e em solo da Savana amapaense, caracterizado por apresentar baixa fertilidade (Melém Júnior et al., 2003, 2008), a espécie *T. vulgaris* apresentou bom desenvolvimento ao longo de 8 anos de pesquisa. Tal desempenho reflete a capacidade adaptativa da espécie a condições edáficas adversas, consolidando seu potencial para uso em sistemas produtivos de baixo custo, especialmente para populações tradicionais que enfrentam limitações financeiras para investimentos em correção do solo (Brienza Júnior et al., 2011; Brienza Junior et al., 2022).

O crescimento do tachi-branco nesses solos pobres, conforme observado por De Sousa et al. (2016) e Souza et al. (2008), demonstra a robustez ecológica da espécie, que pode explorar eficientemente os nutrientes disponíveis, garantindo seu desenvolvimento mesmo em ambientes desfavoráveis. Esse fato é relevante para o manejo sustentável em áreas de baixa fertilidade, destacando-se o tachi-branco como opção viável para a restauração de áreas degradadas, onde a regeneração e o estabelecimento de espécies florestais geralmente são comprometidos pela qualidade do solo (Martorano et al., 2018; Ramos et al., 2021).

Além disso, estudos realizados por Orellana (2015b) e Silva et al. (2021a) mostram que, sob condições de manejo nutricional adequado, a espécie pode atingir incrementos significativos, com altura média de até 23 metros e diâmetro de 18 cm em oito anos, reforçando o potencial econômico e produtivo do tachi-branco. Contudo, o crescimento satisfatório mesmo sem adubação evidencia que sua aptidão natural a solo de baixa fertilidade amplia sua aplicabilidade para fins sociais e ambientais, inclusive em programas de florestas energéticas e recomposição florestal na Amazônia (Martorano et al., 2018; Brienza Junior et al., 2022).

Deste modo, a continuidade e o crescimento do *Tachigali vulgaris* em condições limitantes demonstram sua importância como espécie estratégica para uso sustentável em sistemas tradicionais para pequenos agricultores e projetos de recuperação ambiental na região amazônica.

## 5. CONCLUSÃO

- Os tachizeiros sob adubação alternativa (moinha de carvão + cama de aviário) crescem mais em diâmetro e do que aqueles com adubação mineral e sem adubação.
- O ponto ótimo de corte do tachi-branco quando se considera o incremento diamétrico e aproveitamento para bioenergia pode ser atingido aos 4 anos de idade. Quando se considera a produtividade em volume, a adubação alternativa propicia e redução da idade de corte, que gira em torno de 7 anos.

## 6. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. (2013). *Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2012*. Brasília: ABRAF.
- Brienza Júnior, S., Oliveira, R. P., Denich, M., & Vlek, P. L. G. (2011). 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*, 31(68), 347-353. <http://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.68.347>.
- Brienza Junior, S., Yared, J., de Sousa, V. G., Narducc, I. T. S., Salomão, R. D. P., & Martorano, L. (2022). *Tachigali vulgaris na Amazônia: retrospectiva de pesquisas com plantios experimentais*. Colombo: Embrapa Florestas.
- Burnham, D., & Anderson, R. (2002). *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach* (2. ed., 488 p.). New York: Springer.
- Carvalho, P. E. R. (2005). *Taxi-Branco, Taxonomia e Nomenclatura*. (Circular Técnica, 10 f. 1-11). Colombo: Embrapa Florestas.
- Castro, A. W. V., Yared, J. A. G., Alves, R. N. B., Silva, L. S., & Meirelles, S. M. L. B. (1990). *Comportamento silvicultural de Sclerolobium paniculatum Vogel – Taxi-branco no cerrado amapaense* (Comunicado Técnico). Macapá: Embrapa Amapá.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. (1990). *Boletim Agrometeorológico*. Macapá: Embrapa-UEPAE.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. (2013). *Sistema de classificação de solo* (2. ed). Rio de Janeiro: Embrapa.
- Farias Neto, J. T., de Castro, A. W. V., & Bianchetti, A. (2003). Aplicação da seleção precoce em famílias de meios irmãos de Taxi-branco. *Acta Amazonica*, 33(1), 85-91. <http://doi.org/10.1590/1809-4392200331091>.
- Farias, J., Marimon, B., Silva, L., Petter, F. A., Andrade, F. R., Morandi, P., & Marimon Junior, B. H. (2016). 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*, 368, 173-182. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.022>.
- Farias, J., Marimon, B., Silva, L., Petter, F. A., Andrade, F. R., Morandi, P., & Marimon Junior, B. H. (2016). 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*, 368, 173-182. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.022>.
- Guimarães, K. S. (2019). *Dendrocronologia de Hymenaea courbaril L. (Jatobá-da-Mata) e Tachigali vulgaris L.G.Silva & H.C.Lima (carvoeiro) na transição Amazônia-Cerrado* (Dissertação de mestrado). Universidade do Estado de Mato Grosso.
- Grant, C. A., Platen, D. N., Tomaziewicz, D. J., & Sheppard, S. C. (2001). A importância da nutrição fosfatada no início da estação. *Revista Canadense de Ciências Vegetais*, 211-224.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2018). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Estatística da produção agrícola*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. (2019). Recuperado em 15 de abril de 2019, de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>
- Lima, H. C. (2014). *Tachigali*. In *Lista de espécies da flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Recuperado em 6 de abril de 2018, de <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB29841>

- Lima, M. D. R., Moraes, L. G., Silva, R. D. C. C., Barros Junior, U. D. O., Bufalino, L., Soares, A. A. V., & Protásio, T. D. P. (2023). *Tachigali vulgaris* energy forests: understanding spacing, age, and stem type effects on tree growth patterns and wood density. *New Forests*, 54(3), 491-513. <http://doi.org/10.1007/s11056-022-09932-y>.
- Lima, R. M. B. (2004). *Crescimento do Sclerolobium paniculatum Vogel na Amazônia, em função de fatores de clima e solo* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Martorano, L. G., Tourne, D. C. M., Lisboa, L. S., Sousa, V. G., Santos, L. S., & Brienza Júnior, S. (2018). *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.
- Meirelles, P. R. L., Mochiutti, S., & Yokomizo, G. K. (2005). *Comportamento Produtivo de Forrageiras Cultivadas sob Sombreamento no Cerrado do Amapá* (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, No. 78). Macapá: Embrapa Amapá.
- Melém Júnior, N. J., Carneiro, C. E. A., Brito, O. R., Vendrame, P. R. S., Guedes, M. C., Da Costa, A. C. S., & Trevisan, A. T. (2008). Adsorção e fósforo remanescente em Latossolo Amarelo distrófico do Cerrado do Amapá. In *Simpósio Nacional Cerrado - IX Simpósio Internacional Savanas Tropicais*, 2., Brasília, DF. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais: Anais Planaltina.
- Melém Júnior, N. J., Farias Neto, J. T., & Yokomizo, G. K. I. (2003). *Caracterização dos cerrados do Amapá* (Comunicado técnico). Macapá: Embrapa Amapá.
- Mueller, C. C. (1995). *A sustentabilidade da expansão agrícola nos cerrados* (Documento de Trabalho, No. 36). Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza.
- Mustin, K., Carvalho, W. D. D., Hilário, R. R., Costa-Neto, S. V. D., Silva, C. R., Vasconcelos, I. M., & Toledo, J. (2017). Biodiversity, threats and conservation challenges in the Cerrado of Amapá, an Amazonian savanna. *Nature Conservation*, 22, 107-127.
- Narducci, T. S., Yared, J. A. G., & Brienza Júnior, S. (2021). Banco de sementes do solo sob plantios de *Tachigali vulgaris* (L.G.Silva & H.C.Lima) em diferentes espaçamentos na região leste do Estado do Pará, Amazônia. *Scientia Forestalis*, 49(132), e3719.
- Narducci, T. S., Yared, J. A. G., Brienza Junior, S., Melém Júnior, N. J., Cerveira, S. S., & de Sousa, V. G. (2023). Efeito de diferentes espaçamentos de plantio de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima na fertilidade do solo. *Scientia Forestalis*, 51, e4021.
- Orellana, J. B. P. (2015a). *Valorização tecnológica da madeira de *Tachigali vulgaris* provenientes plantios de dois sítios distintos localizados no estado do Amapá* (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.
- Orellana, B. B. M. A. (2015b). *Quantificação da biomassa e potencial energético de *Tachigali vulgaris* em áreas plantadas no estado do Amapá* (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.
- Palheta, L. F. (2020). *Crescimento vegetativo de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) em resposta à adubação e condições climáticas no município de Igarapé-açu/PA* (Tese de doutorado). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- Patrício, E. P. S. (2021). *Compreensão dos efeitos de espaçamento e idade na produtividade e ocorrência de bifurcação em plantações de *Tachigali vulgaris* com finalidade energética* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas.
- Protásio, T. P., Scatolino, M. V., Lima, M. D. R., Araújo, A. C. C., Figueiredo, I. C. R., Bufalino, L., & Trugilho, P. F. (2020). Insights in quantitative indexes for better grouping and classification of Eucalyptus clones used in combustion and energy cogeneration processes in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, 143, 105835. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105835>.
- Ramos, L. O., Miranda, R. O. V., Soares, A. A. V., Protásio, T. P., & Gonçalves, D. A. (2021). Volumetria lenhosa de plantações puras de *Tachigali vulgaris* em diferentes espaçamentos. *Floresta*, 51, 990-999. <http://doi.org/10.5380/rf.v51i4.75138>.
- Reetz, H. F. (2017). *Fertilizantes e o seu uso eficiente*. São Paulo: ANDA.
- Rodrigues, R. P., Gonçalves, D. A., Silva, A. R., Martins, W. B. R., Dionísio, L. F. S., & Schwartz, G. (2020). Crescimento e mortalidade de *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima em diferentes espaçamentos de plantio para a produção de biomassa. *Scientia Forestalis*, 48(128), e3269. <http://doi.org/10.18671/scifor.v48n128.01>.
- Silva, M. O. S., Silva, M. G., Bufalino, L., Assis, M. R., Gonçalves, D. A., Trugilho, P. F., & Protásio, T. P. (2021a). Características termogravimétricas e combustão da madeira de *Tachigali vulgaris* proveniente de plantios com diferentes espaçamentos. *Scientia Forestalis*, 49(129), e3164. <http://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.01>.
- Silva, M. O. S., Silva, M. G., Bufalino, L., Assis, M. R., Gonçalves, D. A., Trugilho, P. F., & Protásio, T. P. (2021b). Variations in productivity and wood properties of Amazonian tachi-branco trees planted at different spacings for bioenergy purposes. *Journal of Forestry Research*, 32, 211-224.
- Sousa, V. G., Brienza Junior, S., Barbosa, M. G., Martorano, L. G., & Silva V. C. (2016). *Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima): botânica, ecologia e silvicultura*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.
- Souza, C. A. M., Oliveira, R. B., Martins Filho, S., Lima, J. S. S. (2006). Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência Florestal*, 16(3/4), 243-249.
- Souza, C. R., de Azevedo, C. P., de Lima, R. M. B., & Rossi, L. M. B. (2008). *Especies florestais para produção de energia* (Circular Técnica). Manaus: Embrapa Amazônia ocidental.
- Souza, J. C., Pedrozo, C. A., da Silva, K., Oliveira, A., Ximenes, V., & Alencar, A. M. D. S. (2019). Ambientes para produção de mudas e nodulação por rizóbios em *Tachigali vulgaris*. *Ciência Florestal*, 29(1), 116-129. <http://doi.org/10.5902/1980509827955>.
- Stallbaun, P. H., Baraúna, E. E. P., Monteiro, T. C., Vieira, R. S., Sales, N. D. L. P., & Oliveira, L. S. (2016). Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago Postia placenta. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(88), 459. <http://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1231>.
- Tavares, J. P. N. (2014). Características da climatologia de Macapá-AP. *Revista Caminhos de Geografia*, 15(50), 138-151. <http://doi.org/10.14393/RCG155026031>.

## CO NTRIBUÍDO S AUTORES :

HNR: conceituação; coleta, organização e análise de dados; escrita do artigo; ALPB: análise de dados e escrita do artigo; MCG: conceituação, aquisição de financiamento, supervisão, escrita e revisão do artigo.