



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA

ROBERTO CÉLIO ANTUNES JÚNIOR

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ADAPTABILIDADE DE
CULTIVARES DE ALHO EM CONDIÇÕES DE ALTITUDE NO
SEMIÁRIDO BAIANO**

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA- BRASIL

ROBERTO CÉLIO ANTUNES JÚNIOR

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ADAPTABILIDADE DE CULTIVARES
DE ALHO EM CONDIÇÕES DE ALTITUDE NO SEMIÁRIDO BAIANO**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Agronomia, área de concentração em
Fitotecnia, para obtenção do título de
“Mestre”.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Gisele Brito
Rodrigues

Coorientador: Prof. Dr. Quelmo Silva
de Novaes

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2026

A643d

Antunes Júnior, Roberto Célio.

Desempenho agronômico e adaptabilidade de cultivares de alho em condições de altitude no semiárido baiano / Roberto Célio Antunes Júnior, 2026.

76f. ; il., color.

Orientador (a): Dr.^a Gisele Brito Rodrigues.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2026.

Inclui referências F. 69 – 76

1. *Allium sativum* L.. 2. Cultivo de alho - Adaptação. 3. Estabilidade produtiva. I. Rodrigues, Gisele Brito. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 635.26

Catálogo na fonte: **Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia
Campus de Vitória da Conquista, BA.**

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “Desempenho Agronômico e adaptabilidade de Cultivares de Alho em Condições de Altitude no Semiárido Baiano”

AUTOR (A): Roberto Célio Antunes Júnior

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca

Examinadora:



Documento assinado digitalmente
GISELE BRITO RODRIGUES
Data: 15/12/2025 12:13:17-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Gisele Brito Rodrigues, D.Sc. (UESB)



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO VILELA RESENDE
Data: 15/12/2025 13:03:44-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Francisco Vilela Resende, D.Sc. (EMBRAPA Hortaliças)



Documento assinado digitalmente
QUELMO SILVA DE NOVAES
Data: 17/12/2025 12:17:10-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Quelmo Silva de Novaes, D.Sc. (UESB)



Documento assinado digitalmente
LEILSON COSTA GRANGEIRO
Data: 17/12/2025 07:34:48-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Leilson Costa Grangeiro, D.Sc. (UFERSA)

Data de realização: 15 de dezembro de 2025.

*À minha Mãe (Idália
de Souza Carvalho
Antunes) (In
Memoriam).*

*Com ternura e
gratidão, Ofereço*

*Ao meu pai, Roberto Célio
Antunes, minha esposa
Mabel de Fátima Alves da
Silva Antunes e minhas
filhas: Rayza Alves Antunes e
Jade Alves Antunes.
Familiares e amigos. Com
amor e gratidão, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar, me dar força, coragem, sabedoria e saúde para prosseguir em busca de um objetivo. Meu pai, esposa e filhas, pela compreensão em entender a minha ausência em momentos importantes para me dedicar a um sonho.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Gisele Brito Rodrigues, pela dedicação, motivação, compreensão, capacitação, paciência e amizade construída ao longo dessa jornada.

Agradeço ao meu coorientador, o Prof. Dr. Quelmo Silva de Novais, pelos ensinamentos e cooperação para que essa etapa se realizasse.

Meus sinceros agradecimentos à Dr^a. Marília Alves Brito Pinto, pelo apoio e suporte na análise estatística.

A toda a equipe do Laboratório de sementes, por sempre estarem dispostos a ajudar durante a pesquisa (Ingrid, Renata, Vinicius, Alex, Pedro, Gabriel, Sabrina, Juliane, Juliana, Raquel, Eliabe, Antônio, Beatriz e Ton).

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPQ), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de capacitação profissional e apoio.

RESUMO

ANTUNES JUNIOR, R. C. **Desempenho agronômico e adaptabilidade de cultivares de alho em condições de altitude no semiárido baiano.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2025. 67p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)

Neste trabalho avaliou-se o desempenho agronômico de cultivares de alho nobre e seminobre, cultivadas em condição de altitude no semiárido baiano, analisando três safras consecutivas (2022–2024). O estudo investigou características vegetativas, produtivas e comerciais, complementadas por análises multivariadas. Os resultados evidenciaram ampla variabilidade entre as cultivares e forte influência das condições ambientais (temperatura máxima, temperatura mínima e amplitude térmica) sobre as características avaliadas nas fases vegetativas e reprodutivas. Entre as cultivares nobres, San Valentim, Caçador e Ito apresentaram maior produção comercial, estabilidade entre anos, melhor diâmetro e peso de bulbo e maior proporção de bulbos nos calibres comerciais (5, 6 e 7). Nos seminobres, Mexicano, Catiguá e Chinês PR apresentaram melhor desempenho, incluindo produtividade e calibres comerciais valorizados. As análises de correlação revelaram que o diâmetro do bulbo e a altura de plantas, na fase de diferenciação, são os caracteres vegetativos com maior impacto direto sobre a produtividade comercial, servindo como indicadores precoces de desempenho. Adicionalmente, o peso médio de bulbos apresentou correlação positiva estreita com a classificação comercial superior (classes 6 e 7). Conclui-se que há materiais altamente adaptados à região, capazes de proporcionar maior eficiência produtiva e atender às demandas da cadeia do alho no semiárido.

Palavras-chave: *Allium sativum* L., Adaptação, Produtividade, Estabilidade produtiva.

***Orientadora:** Prof^ª. Dr^ª. Gisele Brito Rodrigues, UESB.

ABSTRACT

ANTUNES JUNIOR, R. C. **Agronomic performance and adaptability of garlic cultivars under high-altitude conditions in the semi-arid region of Bahia.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2025. 67p. (Dissertation: Master's in Agronomy; Area of Concentration: Phytotechnics)

This study evaluated the agronomic performance of high-quality and semi-high-quality garlic cultivars grown at altitude in the semi-arid region of Bahia, Brazil, analyzing three consecutive growing seasons (2022-2024). The study investigated vegetative, productive, and commercial characteristics, complemented by multivariate analyses. The results showed wide variability among the cultivars and a strong influence of environmental conditions (maximum temperature, minimum temperature, and thermal amplitude) on the characteristics evaluated in the vegetative and reproductive phases. Among the high-quality cultivars, San Valentim, Caçador, and Ito presented higher commercial production, stability between years, better bulb diameter and weight, and a higher proportion of bulbs in commercial sizes (5, 6, and 7). Among the semi-high-quality cultivars, Mexicano, Catiguá, and Chinês PR showed better performance, including productivity and valued commercial sizes. Correlation analyses revealed that bulb diameter and plant height at the differentiation stage are the vegetative characteristics with the greatest direct impact on commercial productivity, serving as early performance indicators. Additionally, the average bulb weight showed a close positive correlation with the higher commercial classification (classes 6 and 7). It is concluded that there are materials highly adapted to the region, capable of providing greater productive efficiency and meeting the demands of the garlic supply chain in the semi-arid region.

Keywords: *Allium sativum* L., Adaptation, Productivity, Productive stability.

***Advisor:** Prof^a. Dr^a. Gisele Brito Rodrigues, UESB.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Temperatura máxima (T. MÁX.), mínima (T. MÍN.) e média (T. MÉD.) e precipitação no município de Vitória da Coquista, BA, Brasil, de maio a setembro de 2022.....	28
Figura 2- Temperatura máxima (T. MÁX.), mínima (T. MÍN.) e média (T. MÉD.) e precipitação no município de Vitória da Coquista, BA, Brasil, de maio a setembro de 2023.....	28
Figura 3- Temperatura máxima (T. MÁX.), mínima (T. MÍN.) e média (T. MÉD.) e precipitação no município de Vitória da Coquista, BA, Brasil, de maio a setembro de 2024.....	29
Figura 4- Percentual de bulbos de alho nobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista -BA ,2022	41
Figura 5- Percentual de bulbos de alho nobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2023.....	43
Figura 6- - Percentual de bulbos de alho nobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2024.....	44
Figura 7- - Percentual de bulbos de alho seminobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2022.....	54
Figura 8- Percentual de bulbos de alho seminobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2023.....	55
Figura 9- Percentual de bulbos de alho seminobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2024.....	57
Figura 10- Matriz de correlação de Pearson entre caracteres Vegetativas e variáveis climáticas em cultivares de alho nobre (<i>Allium sativum</i> L.) cultivadas em Vitória da Conquista, Bahia, nos ciclos de 2022, 2023 e 2024.....	60
Figura 11- Matriz de correlação de Pearson entre características produtivas e variáveis climáticas em cultivares de alho nobre (<i>Allium sativum</i> L.) cultivadas em Vitória da Conquista, Bahia, nos ciclos de 2022, 2023 e 2024.....	62
Figura 12- Matriz de correlação de Pearson entre características vegetativas e variáveis climáticas em cultivares de alho seminobre (<i>Allium sativum</i> L.) cultivadas em região de altitude (Vitória da Conquista, BA), nos ciclos de 2022, 2023 e 2024.....	63
Figura 13- Matriz de correlação de Pearson entre características produtivas e variáveis climáticas em cultivares de alho seminobre (<i>Allium sativum</i> L.) cultivadas em região de altitude (Vitória da Conquista, BA), nos ciclos de 2022, 2023 e 2024.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Área plantada, área colhida e produção dos principais municípios produtores de alho da Bahia no ano de 2023.	18
Tabela 2- Características agronômicas dos três principais grupos de cultivares de alho plantadas comercialmente no Brasil.....	22
Tabela 3- Características Físicas e Químicas do Solo na Camada de 0 a 20 cm, utilizado no Experimento nos anos de 2022,2023 e 2024.....	27
Tabela 4- Emergência de plantas (E), número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA), altura de plantas (AP), diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas senescentes (NFS), razão bulbar (RB) e número de bulbilhos por bulbos (BB) de cultivares de alho nobre cultivadas em região de altitude do semiárido baiano, nos anos de 2022 a 2024.UESB, Vitória da Conquista – BA,	34
Tabela 5- Diâmetro de bulbo (DB), peso de bulbo (PB), produção comercial (PC) e produção total (PT) de cultivares de alho nobre cultivadas em região de altitude da Bahia, nos anos de 2022 a 2024. UESB, Vitória da Conquista – BA, Brasil, 2025.....	38
Tabela 6- Emergência de plantas (E), número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA), altura de plantas (AP), diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas senescentes (NFS), razão bulbar (RB) e número de bulbilhos por bulbos (BB) de cultivares de alho seminobre cultivadas em região de altitude do semiárido baiano, nos anos de 2022 a 2024.UESB, Vitória da Conquista – BA, Brasil, 2025.....	46
Tabela 7- Diâmetro de bulbo (DB), peso de bulbo (PB), produção comercial (PC) e produção total (PT) de cultivares de alho seminobre em região de altitude da Bahia (2022–2024)	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CHO – Chonam

SAN – San Valentim

QUI – Quitéria

ITO – Ito

CAC- Caçador

JON – Jonas

BRS – BRS Hozan

AMB – Amarante Branco

CTR – Cateto Roxo

LAV – Lavinia

GGR – Gigante Roxo

MEX – Mexicano

CAT – Caturra

CTG – Catiguá

C-FF – Chinês FF

C-FL – Chinês FL

C-PR – Chinês PR

C-SJ – Chinês SJ

CRP – Crespo

EMBRAPA – Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira

CNA – Confederação Nacional da Agricultura

IBGE – Instituto Nacional de Geografia e Estatística

ANAPA – Associação Nacional dos Produtores de Alho

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Importância e características botânicas	17
2.2. Panorama da cultura do alho	17
2.3 Desempenho Agrônômico e Adaptabilidade de cultivares de alho	20
2.4 Cultivares de alho	21
2.5 Aspectos que influenciam a produtividade do alho	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Caracterização da Área Experimental	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Desempenho Agrônômico de cultivares de alho nobre nos anos 2022, 2023 e 2024	33
4.2 Desempenho Agrônômico de cultivares de alho seminobre nos anos 2022, 2023 e 2024	45
4.3 Análise de Correlação entre Características Vegetativas e Produtivas em Alho nobre x Variáveis Climáticas	57
4.4 Análise de Correlação entre Características Vegetativas e Produtivas em Alho seminobre x Variáveis Climáticas	63
5 CONCLUSÕES	68
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum L.*) é uma das hortaliças mais relevantes no cenário agrícola mundial, amplamente utilizada na culinária, na indústria alimentícia e na medicina (Peixoto et al., 2015). Além de sua importância alimentar e funcional, o alho possui elevada relevância econômica e social, sendo cultivado em diversos países e gerando renda especialmente para pequenos e médios produtores (Embrapa, 2022). No Brasil, em 2024, o alho movimentou aproximadamente 6 bilhões de reais em toda cadeia produtiva, gerando 62 mil empregos diretos, 180 mil empregos indiretos, 82 % na agricultura familiar, em 40 mil estabelecimentos rurais aproximadamente (Anapa, 2024).

No Brasil, a produção nacional tem crescido de forma expressiva nas últimas décadas. Segundo dados do IBGE (2023), a produção passou de 84,1 mil toneladas em 2000 para cerca de 185 mil toneladas em 2023, acompanhada por incremento na produtividade, que dobrou no mesmo período. A atividade é fortemente associada à agricultura familiar, responsável por mais de 80% dos estabelecimentos produtores (CNA, 2024), com destaque para os estados de Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Bahia (CNA, 2023). Ainda assim, o país permanece dependente de importações, principalmente da Argentina e da China (Anapa, 2024).

A cultura do alho, no Brasil, apresenta oportunidades relevantes de expansão, especialmente em regiões de maior altitude, onde as condições edafoclimáticas favorecem o desenvolvimento da planta. Além disso, o uso de tecnologias modernas, como sementes livres de vírus e técnicas aprimoradas de manejo (vernalização), tem promovido incrementos significativos na produtividade da cultura (Embrapa, 2021). Esses avanços são fundamentais para reduzir a dependência do mercado externo, considerando que a produção nacional atende entre 56% da demanda interna, o que obriga o país a importar 44% do alho consumido (Anapa, 2025). Esse cenário evidencia uma lacuna de mercado que pode ser estrategicamente ocupada por produtores nacionais.

Nesse contexto, destaca-se o potencial do estado da Bahia, que possui áreas de altitude ainda pouco exploradas, mas com grande aptidão para o cultivo do alho. A produção no estado da Bahia se resume hoje em algumas cidades da região da Chapada Diamantina e cidades do oeste baiano. O Estado, em meados dos anos 2000, teve polos importantes de produção no Norte (Cidade de Mirangaba e Jacobina), nordeste baiano (Brotas de Macaúbas e Ipupira), sudoeste (Urandi, Licínio de Almeida e Jacarai). A falta de incentivo à produção e assistência técnica continuada pelos órgãos de assistência

técnica do Estado levaram à redução de área no estado e à extinção da presença da cultura em algumas destas cidades, citadas anteriormente como polos de produção no estado da Bahia. A retomada e expansão da produção no estado pode representar um importante passo rumo à autossuficiência nacional, além de estimular o desenvolvimento regional e a geração de empregos no setor agrícola.

Entre os principais fatores que determinam o sucesso da produção de alho estão a escolha da cultivar e a sua adaptação às condições ambientais. A espécie *Allium sativum* L. exibe elevada diversidade genética, de modo que um mesmo genótipo ou clone pode manifestar alterações morfológicas, conforme interage com fatores edafoclimáticos (por exemplo: solo, temperatura, umidade e fotoperíodo). Dessa forma, cultivares recomendadas para uma determinada região não garante adaptação em outras com condições ambientais diferentes (Taula et al., 2021).

O desempenho agrônômico é resultado da interação entre o potencial genético do material cultivado e o ambiente em que este se desenvolve (Cruz; Carneiro; Regazzi, 2012). A interação genótipo \times ambiente (G \times E) pode modificar, de forma significativa, características como produtividade, tamanho e qualidade de bulbos, número de dentes e uniformidade do produto. Portanto, baixa capacidade de adaptação. Por esse motivo, a vernalização se faz necessária para os alhos nobres em algumas regiões do país (Squilassi, 2003).

No caso do alho, a G \times E assume papel ainda mais relevante, pois a cultura apresenta propagação vegetativa, sensibilidade a variações de temperatura, altitude, fotoperíodo e disponibilidade hídrica, além de elevada exigência quanto ao manejo nutricional (Aswani et al., 2024).

As exigências do alho com relação ao fotoperíodo e à temperatura são alguns dos fatores que mais influenciam o desempenho das cultivares, principalmente as de alho nobre. A tecnologia da vernalização é responsável por possibilitar o plantio de alho em condições de Sudeste, Centro-oeste e Nordeste brasileiro. Regiões que não possuem, pelo período necessário, temperatura e fotoperíodo para atender à necessidade da cultura do alho (Lucena et al., 2016).

Assim, compreender o comportamento da adaptabilidade das cultivares, frente a diferentes ambientes, é fundamental para identificar materiais estáveis que apresentem desempenho consistente em múltiplas condições; e materiais específicos, com alta produtividade, em ambientes particulares (Aswani et al., 2024). Essa análise é estratégica não apenas para subsidiar recomendações técnicas aos agricultores, mas também para

orientar programas de melhoramento (Borém; Miranda, 2013) e contribuir para a sustentabilidade da cadeia produtiva. Apesar da Bahia ter regiões de altitude, cujas condições edafoclimáticas são favoráveis ao cultivo de alho, verifica-se poucas publicações técnicas dedicadas à cultura nessa localidade, o que evidencia falta de informações básicas e fundamentais para o seu desenvolvimento regional.

Diante desse contexto, a avaliação do desempenho agrônômico e adaptabilidade de cultivares de alho em condições regionais torna-se essencial. Esse tipo de estudo fornece informações que auxiliam na escolha das cultivares mais adaptadas, reduz a dependência de importações e amplia a segurança produtiva frente à variabilidade ambiental. Com este trabalho, objetiva-se avaliar o desempenho agrônômico e adaptabilidade de cultivares de alho em região de altitude do semiárido baiano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância e características botânicas

O alho (*Allium sativum* L.), originário da Ásia Central e pertencente à família Alliaceae, é uma planta herbácea com folhas estreitas e bulbo formado por bulbilhos, cuja morfologia varia conforme a cultivar (Embrapa, 2017; Rosa, 2015).

Destaca-se pela composição bioativa rica em compostos sulfurados, como a alicina, que conferem propriedades medicinais e sabor característico, além de seu uso alimentar e industrial (Batiha et al., 2019).

Economicamente, o alho ocupa posição estratégica, tanto no cenário agrícola mundial quanto nacional, sendo cultivado em diversos países devido à sua alta demanda no mercado interno e externo. A produção de alho gera emprego e renda para pequenos e médios produtores. Além disso, o alho apresenta cadeias produtivas diversificadas, incluindo comercialização *in natura*, processamento industrial e produção de sementes certificadas, o que aumenta seu valor agregado. A estabilidade do mercado depende da escolha adequada das cultivares, do manejo agrônomico eficiente e da adaptação às condições edafoclimáticas locais (Martins; Silva, 2020).

2.2. Panorama da cultura do alho

Nos últimos anos, a produção mundial de alho manteve-se em expansão, alcançando cerca de 29,15 milhões de toneladas em 2022, com a China respondendo por aproximadamente 72 % desse total (FAO, 2023). No Brasil, entre 2019 e 2024, houve crescimento expressivo: a produção saltou de cerca de 130,9 mil toneladas para estimados 185 mil toneladas em 2024 (Anapa, 2025). Esse aumento foi impulsionado por ganhos de produtividade, que passaram de 11,7 t/ha em 2019 para 13,65 t/ha em 2024 (Anapa, 2025). A área plantada na última 2024/2025, segundo a ANAPA, foi de aproximadamente 14000 hectares.

Atualmente, o Brasil importa 44 % do alho, demandado para o consumo interno, não conseguindo suprir a demanda nacional. O consumo total de alho no Brasil, em 2024, foi de 330 mil toneladas, com consumo *per capita* de 1,5 kg/habitante por ano (Anapa, 2025). Assim sendo, o país importa alho, principalmente da Argentina (70%) e da China (28%), para suprir a demanda interna (Anapa, 2025).

Em termos regionais, Minas Gerais apresentou o maior crescimento, passando de 52,8 mil toneladas para 128,8 mil toneladas entre 2019 e 2023; Goiás e Bahia também tiveram avanços, embora a Bahia tenha registrado estabilidade em torno de 7,2 mil toneladas em 2023 (Anapa,2024). O estado que lidera a produção nacional é Minas Gerais, com aproximadamente 8000 hectares, produção de 112000 t ano⁻¹ e uma produtividade média de 15,96 t ha⁻¹ (8942 propriedades produtoras). Em segundo lugar, o estado de Goiás, que produziu 46575 mil t ano⁻¹ em 3450 hectares, alcançando produtividade de 17 t ha⁻¹ (69 propriedades produtoras). Santa Catarina apresentou uma produção de 5248 toneladas, 650 hectares cultivados e produtividade 9,2 t ha⁻¹ (1528 propriedades produtoras), destacando-se como o 3º maior produtor. Enquanto o Rio Grande do Sul figura na 4ª posição, com produção de 8080 t ano⁻¹, área cultivada de 750 ha e produtividade de 8,2 t ha⁻¹ (Anapa, 2025).

A Bahia ocupa posição de destaque no cenário nacional, sendo o 5º maior produtor dentre os estados produtores de alho do Brasil (IBGE, 2023). Segundo a Produção Agrícola Municipal (PAM), a Bahia produziu aproximadamente 7500 toneladas de alho em 713 hectares, colhidos no ano de 2023, concentrando sua produção principalmente em polos da Chapada Diamantina, com destaque para os municípios de Mucugê, Ibicoara, Novo Horizonte e Cristópolis, no oeste da Bahia, responsáveis por parcela significativa da produção estadual (IBGE, 2023). O estado da Bahia possui 14 municípios produtores, de acordo com dados do IBGE, descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Área plantada, área colhida e produção dos principais municípios produtores de alho da Bahia no ano de 2023

Município Produtor	Variável			
	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Produtividade (t/ha)
Angical	7	7	18	2,57
Cotegipe	35	35	247	7,06
Cristópolis	75	75	525	7,00
Barra	3	3	10	3,33
Jacobina	3	3	3	1,00
Mirangaba	8	8	79	9,88
Brotas de Macaúbas	1	1	3	3,00
Ibitiara	1	1	5	5,00
Novo Horizonte	95	95	570	6,00
Boninal	9	9	72	8,00
Ibicoara	200	200	2600	13,00
Mucugê	150	150	2043	13,62
Pindaí	26	26	121	4,65
Ituaçu	100	100	1000	10,00
TOTAL	713	713	7296	

Fonte: IBGE, 2023.

Até meados dos anos 2000, municípios como Cristópolis e Cotegipe registravam produtividades em torno de 3 t/ha, cultivando variedades tradicionais como a Amarante, frequentemente em condições de baixa tecnologia (Embrapa, 2011). Predominantemente conduzida por agricultores familiares, a produção estadual se caracteriza pelo cultivo em pequenas áreas, geralmente de 1 ha, associada ao baixo nível de escolaridade e ao uso de práticas tradicionais, como: não realizavam correção de acidez, toda a matéria orgânica oriunda da limpeza pré-plantio era queimada, irrigação por sulcos, não utilizavam espaçamento de plantio (Anapa, 2023).

Nesta mesma época, a Embrapa Hortaliças montou estruturas que consistiam em telados individuais, de pequena escala, mas, com o tempo, passaram a ser implantados coletivamente, sob gestão da EBDA, empresa baiana de assistência técnica e extensão rural, associações e sindicatos, consolidando-se como importante inovação na cadeia produtiva do alho baiano, visando melhorar a qualidade das sementes a serem utilizadas nos plantios, sementes L.V (Livre de Vírus) (Embrapa, 2011). A extinção da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) resultou na descontinuidade dos projetos por ela coordenados, ocasionando a perda do suporte técnico, essencial para os produtores de alho na Bahia. Como consequência, a produção regional de sementes próprias e o aumento da produtividade foram interrompidos, permanecendo apenas a expectativa dos agricultores dos principais polos produtivos, como Jacobina (Povoado de Catinga do Moura), Novo Horizonte (Vale do Alho) e Brotas de Macaúbas (Buriti do Alho). O município de Cristópolis, situado no oeste baiano, foi exceção, mantendo-se ativo graças à iniciativa de um produtor local que, com o suporte contínuo da Embrapa Hortaliças, especializou-se na produção de sementes livres de vírus da cultivar seminobre Amarante Branco.

Diante dessa situação, os produtores de alho nobre ficaram desprovidos de fontes locais de sementes certificadas, passando a depender da aquisição de material remanescente das grandes propriedades do cerrado mineiro e goiano. Por isso, tal prática expôs a produção estadual ao risco de introdução de novas viroses e doenças do solo (Podridão Branca – *Sclerotium cepivorum*), comprometendo a sanidade e a sustentabilidade da cultura na Bahia. Pensando no avanço da Alhicultura no estado, a carência de informações específicas sobre as cultivares de alho mais adequadas para as condições edafoclimáticas da Bahia representa uma das limitações para o avanço da cultura no estado.

2.3. Desempenho Agronômico e Adaptabilidade de cultivares de alho

A interação genótipo x ambiente é o fator determinante na expressão das características morfológicas e produtivas do alho (*Allium sativum* L.). Segundo Resende (2010), a plasticidade fenotípica de um mesmo genótipo resulta em desempenhos variáveis, conforme as condições locais de solo, temperatura, fotoperíodo e umidade. Essa premissa torna fundamental a avaliação da adaptabilidade em regiões específicas, como o semiárido brasileiro, onde o regime irregular de chuvas e as altas temperaturas desafiam o sucesso da exploração agrícola.

O processo de estabelecimento da cultura inicia-se com a emergência, que apresenta comportamentos distintos, de acordo com a altitude e a temperatura regional. Em ambientes de maior altitude, como em Diamantina-MG (1296 m), Oliveira et al. (2010) observaram uniformidade entre 14 cultivares (incluindo Gigante Roxo, Cateto Roxo e Amarante), com aproximadamente 80% de emergência aos 24 dias após o plantio (DAP). Em contrapartida, em condições de baixa altitude (18 m) em Mossoró-RN, Honorato (2013) constatou que apenas um grupo restrito, como Amarante e Branco Mossoró, que superou 50% de emergência aos 15 DAP, evidenciando o efeito da temperatura sobre a velocidade de brotação.

A altura de plantas e o número de folhas vivas (NFV) também são sensíveis à modulação ambiental. Oliveira et al. (2010) relataram em Minas Gerais que cultivares como BRS Hozan (34,5 cm) e Gigante Lavínia (29,2 cm) destacam-se pelo maior porte, enquanto Cateto Roxo e Amarante apresentam valores inferiores. No Rio Grande do Norte, o vigor vegetativo tende a ser maior, com a cultivar Hozan atingindo até 61,25 cm aos 60 DAP (Honorato, 2013), corroborando dados de Silva et al. (2008). Todavia, no Piauí, Veloso et al. (1999) observaram maior altura em Branco Mossoró (44,95 cm), enquanto a Cateto Roxo manteve o menor porte. Quanto ao NFV, Honorato (2013) identificou que Branco Mossoró, Amarante e Caturra mantêm um aparato fotossintético mais robusto, com média de 7,1 folhas vivas por planta.

A razão bulbar (RB) é um indicador fisiológico crucial da maturação. Silva et al. (2019), em Portalegre-RN (540 m), encontraram RB de 0,15, aos 90 DAP, para a cultivar Roxo Pérola de Caçador, indicando bulbificação precoce. Já em Mossoró-RN, Honorato (2013) observou que cultivares como Branco Mossoró (0,11) e Chinês Real (0,22) apresentam menores valores de RB, associados a ciclos mais curtos (120 a 133 dias),

enquanto as cultivares do grupo Gigante (Núcleo, Lavínia e Roxo) mantêm valores mais elevados e ciclos superiores a 157 dias.

Em relação à massa e ao diâmetro do bulbo, o desempenho é variável entre as regiões brasileiras. Em Brasília-DF, Resende et al. (2014) destacaram a cultivar Chinês Real com maior peso médio (18,10 g) dentro do grupo comum. No Mato Grosso (790 m), Biesdorf et al. (2015) demonstraram a eficácia da vernalização, com a cultivar Quitéria L.V. atingindo 45,2 mm de diâmetro e 33,5 g de massa. Em contraste, em regiões de menor altitude como Mossoró, os pesos médios tendem a ser significativamente menores, raramente ultrapassando 10 g por bulbo (Honorato et al., 2013). Quanto à diferenciação interna, Oliveira et al. (2010) observaram que Gravatá (16,50), Cateto Roxo (15,75) e Chinês Real (15,25) são as cultivares com maior número médio de bulbilhos por bulbo.

A produtividade total e comercial reflete a integração de todos os fatores climáticos e genéticos. Em Brasília-DF, o teto produtivo para o grupo seminobre foi de 5,04 t ha⁻¹ (Resende et al., 2014). Na região serrana do Rio de Janeiro, contudo, os valores são mais elevados, chegando a 11,28 t ha⁻¹ em Avelar (Resende et al., 2014). Historicamente, na Bahia, Silva (1983) obteve em Utinga (600 m) resultados expressivos para as cultivares Dourado (9,58 t ha⁻¹) e Branco Mineiro (7,13 t ha⁻¹).

A classificação por calibre é o que define o retorno econômico. Resende et al. (2014) observaram que, no grupo comum, as cultivares Gravatá e Caturra apresentam as melhores proporções de bulbos com diâmetro superior a 42 mm. No entanto, em regiões com menor adaptabilidade, como Mossoró-RN, a produção pode ser composta majoritariamente por bulbos de classes inferiores ou "refugo" (Honorato, 2013), reforçando a necessidade de identificar materiais com alta plasticidade fenotípica.

Portanto, estudar a resposta das cultivares às condições microclimáticas de altitude no Semiárido baiano é fundamental. Essa avaliação permite identificar genótipos capazes de expressar seu potencial produtivo e manter a qualidade comercial, mitigando riscos e fortalecendo a cadeia produtiva regional.

2.4 Cultivares de alho

O alho é classificado em grupos, calibre e categorias (Mapa, 2022). As cultivares mais plantadas comercialmente, no Brasil, pertencem ao grupo nobre que, por apresentarem menor número de bulbilhos por bulbo, são as mais apreciadas pelos consumidores, portanto, de maior interesse comercial. O alho nobre distingue-se pela

presença de bulbos revestidos por túnicas brancas e bulbilhos com películas arroxeadas, apresentando entre oito e doze bulbilhos por bulbo.

Por outro lado, o alho comum apresenta bulbos com coloração variável do branco ao creme, frequentemente acompanhada por estrias arroxeadas, causadas pela presença de antocianinas, e bulbilhos que variam entre quinze e vinte, de coloração branca ou rósea (Embrapa, 2020). Além disso, estas são menos susceptíveis ao perfilhamento, quando comparadas às comuns. Ito, Chonam, Quitéria, San Valentim, Caçador e Jonas são exemplos de cultivares nobres, enquanto dentre as comuns pode-se citar a Caturra, a Amarante Branco, Cateto Roxo e Branco Mineiro (Menezes Sobrinho, 1997).

Na tabela 2, pode-se verificar os três principais grupos de cultivares de alho plantadas comercialmente no Brasil, bem como suas respectivas características agronômicas.

Tabela 2. Características agronômicas dos três principais grupos de cultivares de alho plantadas comercialmente no Brasil

Cultivares	Ciclo (meses)	Características do Bulbo				FP e T°C	Perfilhamento
		Cor	Nº bulbilhos	Formato	Palitos		
Juréia	3-4 (precoce)	Branca	20 – 25	Redondo	Raro	Baixa	Suscetível
Cajuru		Branca	20 – 25	Redondo	Sim	Baixa	Suscetível
Branco Mineiro		Branca	26 – 30	Redondo	Sim	Baixa	Suscetível
Cateto Roxo		Arroxeadada	20 – 25	Redondo	Sim	Baixa	Suscetível
Amarante	5-6 (médio)	Arroxeadada	8 – 12	Redondo	Não	mediana	Resistente
BRS Hozan		Branca	8 – 15	Ovalado	Não	mediana	Suscetível
Chinês Real		Arroxeadada	8 – 12	Ovalado	Não	mediana	Resistente
Caturra		Arroxeadada	10 - 12	Redondo	Não	mediana	Resistente
Gigante		Arroxeadada	8 – 15	Ovalado	Não	mediana	Eventual
Chonan	6 ou > (tardios)	Branca	7 – 9	Redondo	Não	Alta	Suscetível
Caçador		Branca	7 – 9	Redondo	Não	Alta	Suscetível
Quitéria		Branca	7 – 12	Redondo	Não	Alta	Suscetível
Ito		Branca	7 – 10	Redondo	Não	Alta	Suscetível
San Valentin		Branca	8 - 12	Redondo	Não	Alta	Suscetível

Fonte: Embrapa Hortaliças.

Nas principais regiões produtoras da região Sudeste, especialmente nos estados de Minas Gerais e Goiás, destacam-se as cultivares nobres Ito, Quitéria e Chonam como as mais amplamente cultivadas. Já na região Sul do país, que inclui Santa Catarina e Rio Grande do Sul, predominam as cultivares nobres Ito, Quitéria e San Valentin. No Nordeste, com destaque para o estado da Bahia, observa-se a predominância das cultivares nobres Ito e Quitéria, cultivadas em municípios como Macaúbas, Ituaçu, Novo

Horizonte, Boninal, Luiz Eduardo Magalhães, Mucugê e Ibicoara. Além disso, as cultivares seminobres Amarante Branco e Cateto Roxo são cultivadas em municípios como Cotegipe, Cristópolis, Urandi e Ituaçu, enquanto a cultivar Catiguá é encontrada exclusivamente em Novo Horizonte. Boninal e Novo Horizonte possui uma particularidade em relação aos outros municípios por produzirem cultivares do grupo Nobre e Seminobre.

No contexto brasileiro, o alho nobre é originário da região Sul, onde as cultivares requerem um fotoperíodo aproximado de treze horas diárias e temperaturas entre cinco e dez graus Celsius para a indução da bulbificação. Entretanto, quando cultivadas nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, incluindo a Bahia, essas cultivares necessitam passar por um processo de vernalização antes do plantio, visando garantir a adequada formação dos bulbos. No Sul do país, o ciclo produtivo dessas cultivares é de aproximadamente cento e oitenta dias, podendo ser reduzido para um intervalo entre noventa e cento e trinta dias, mediante à aplicação da vernalização para condição de nordeste (Mendes et al., 2016).

2.5 Aspectos que influenciam na produtividade do alho

O desenvolvimento e a produtividade do alho são influenciados por diversos fatores ambientais e manejos agrônômicos, tais como temperatura, fotoperíodo, altitude, densidade de plantio, irrigação e o uso de sementes livres de vírus (Martins et al., 2022; Silva et al., 2021). As condições edafoclimáticas, em especial, impactam significativamente a produtividade e qualidade dos bulbos, além de determinar o desempenho agrônômico entre cultivares (Ferreira et al., 2024).

Originário de climas frios, o alho requer temperaturas amenas para o início do ciclo, baixas durante a bulbificação e elevadas na maturação, bem como um clima quente durante o crescimento e seco na fase final (Menezes, 1997; Rahman et al., 2022).

Fatores como fotoperíodo e temperatura são determinantes para a formação do bulbo, sendo que altas temperaturas associadas a dias curtos comprometem a qualidade dos bulbos (Resende et al., 2010; Mendes et al., 2016). A vernalização tem se mostrado eficaz para o cultivo em regiões semiáridas, promovendo a uniformidade de emergência, redução do ciclo produtivo e maior produtividade, por meio da indução da bulbificação e alteração hormonal (Souza et al., 2024). Entretanto a vernalização negativa tem se mostrado ainda mais promissora em trabalhos desenvolvidos em condições de altitude do

nordeste, com ganhos de produtividade e qualidade em relação ao diâmetro do Bulbo (Morais et al., 2023).

O vigor inicial e a produtividade também são influenciados pelo tamanho do bulbilho semente, sendo os maiores mais eficientes (Maass, 2015). A densidade ideal de plantio varia entre 280.000 e 320.000 plantas por hectare, favorecendo o calibre e a qualidade dos bulbos (Strassburger et al., 2019). O manejo adequado da irrigação e adubação nitrogenada é fundamental para evitar o superbrotamento, que reduz a produtividade, recomendando-se adubações aproximadamente aos 30 e 60 dias após o plantio, conforme o desenvolvimento da cultura e a evolução da diferenciação do bulbo (Macêdo et al., 2006; Fernandes et al., 2010).

A multiplicação vegetativa do alho facilita a acumulação de viroses em cada ciclo, resultando em degenerescência, queda da produtividade e sintomas como amarelecimento e enfezamento (Mituti et al., 2013). Além disso, bulbos oriundos de plantas infectadas têm menor capacidade de conservação pós-colheita, com redução de massa mais acentuada (Fernandes; Dusi; Resende, 2013).

No Brasil, vírus dos gêneros *Allexivirus*, *Carlavirus* e *Potyvirus* são frequentemente detectados em infecções simples ou complexas (Mituti et al., 2013). A utilização de bulbilhos-sementes livres de vírus é fundamental para aumentar a produtividade do alho, pois evita a transmissão de viroses que reduzem o vigor das plantas e a qualidade dos bulbos (Resende, 2018).

Técnicas como termoterapia e cultura de tecidos permitem a produção de material livre de vírus, resultando em incrementos produtivos que podem ultrapassar 100% em cultivares seminobres (Morodin et al., 2019). Além disso, plantas livres de vírus apresentam melhor desenvolvimento e ciclos mais estáveis, favorecendo maior rendimento (Resende, 1993). A adoção dessa tecnologia tem promovido impactos econômicos e sociais positivos, especialmente para pequenos produtores, ampliando a rentabilidade e sustentabilidade do cultivo (Almeida; Vilela, 2008). Portanto, o controle fitossanitário, por meio do uso de alho-semente livre de vírus, é uma estratégia eficaz para otimizar a produtividade do alho.

O processo de degenerescência é mais grave em cultivares seminobres, enquanto cultivares nobres livres de vírus, como Chonan, apresentam até 39,4% mais produtividade (Resende, 2018; Morodin et al., 2019). Clones livres de vírus podem dobrar a produtividade em cultivares seminobres (Resende, 2018) e mostram aumento de ciclo e

produtividade superior em Gigante Roxão e Cateto Roxo (Resende, 1993; Melo Filho et al., 2011).

A adoção da tecnologia de alho-semente livre de vírus tem promovido aumento médio de 100% na produtividade para pequenos produtores, como observado em Cristópolis, Bahia, em comparação ao sistema convencional (Embrapa, 2022). Além do ganho produtivo, a tecnologia contribui para a redução de custos, ampliação da área cultivada, maior valor agregado e desenvolvimento sustentável da agricultura familiar, melhorando a renda e a qualidade de vida dos produtores (Resende, 2010).

A diversidade fenotípica do alho é amplamente influenciada pela sua diversidade genética e pela interação com as condições ambientais, resultando em variações morfológicas e fisiológicas importantes para a produção (Lima et al., 2021). Apesar da multiplicação vegetativa predominante, cultivares exibem diferenças significativas em características, como espessura foliar, eficiência fotossintética e resposta ao estresse hídrico, refletindo adaptações a diferentes condições edafoclimáticas (Dufoo-Hurtado et al., 2015; Lucena et al., 2016). Tais variações tornam essencial a avaliação regional das cultivares, visto que aquelas recomendadas para determinadas regiões podem apresentar desempenho inadequado em outras (Biesdorf et al., 2015).

Cultivares nobres, que requerem vernalização para máxima produtividade, são indicadas para regiões de clima de maiores altitudes do semiárido com uso de vernalização negativa, enquanto cultivares seminobres são menos exigentes em clima frio, dispensando a vernalização, porém com orientação, sempre buscando condições de altitudes no semiárido (Resende, 2018).

A interação genótipo \times ambiente ($G \times E$) representa um fator determinante na seleção de cultivares de alho, uma vez que características agrônômicas, como produtividade, qualidade dos bulbos e resistência a estresses variam de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região. Estudos conduzidos com diferentes genótipos de alho demonstram que a expressão fenotípica é fortemente influenciada pelo ambiente, sendo necessária a avaliação local das cultivares para garantir a adaptação e o desempenho produtivo em determinadas regiões (Ferreira et al., Lima et al., 2021).

Em um estudo recente conduzido na Etiópia, envolvendo seis ambientes distintos, verificou-se que o efeito ambiental representou 85,68% da variação no rendimento de bulbos, enquanto a interação $G \times E$ foi responsável por 9,30%, evidenciando a importância do ambiente e da sua interação com os genótipos avaliados (Girma et al., 2025). Resultados semelhantes foram observados em experimentos realizados no estado de São

Paulo, Brasil, onde a divergência genética entre acessos de alho foi fortemente modulada pelas condições locais de cultivo, confirmando a presença significativa da interação G×E (Hoogerheide et al., 2024).

Essa variabilidade reforça a necessidade de estudos regionais, especialmente em estados como a Bahia, onde ainda são escassos os dados técnicos sobre o desempenho de diferentes cultivares em condições específicas de altitude, temperatura e fotoperíodo. Assim, compreender e explorar a interação G×E é fundamental para a recomendação de cultivares adaptadas, garantindo maior eficiência produtiva e estabilidade nos sistemas de cultivo regionalizados.

Dessa forma, torna-se imprescindível a realização de avaliações locais das cultivares, com o objetivo de identificar aquelas que apresentem maior produtividade e melhor adaptação às características específicas da região. A obtenção desses dados permitirá o desenvolvimento de recomendações técnicas precisas, favorecendo o aumento da produtividade e a sustentabilidade da produção de alho na Bahia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista (Campo agropecuário da UESB, coordenadas: 40° 47' 58,89" Sul e Longitude: 14° 53' 9,9" oeste, altitude de 866 m), cuja tipologia climática na classificação de Köppen é de Cwb (Clima Mesotérmico com chuvas de verão e verões moderadamente quente) e para Thornthwaite e Mather, C1dB' 3a' (subúmido a seco) (Sei, 1999) nos anos de 2022, 2023 e 2024. Os resultados da análise de solo estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Características Físicas e Químicas do Solo na Camada de 0 a 20 cm utilizado no Experimento nos anos de 2022, 2023 e 2024

Safr	Parâmetros Químicos														Físicos							
	pH	P	K+	Na+	Ca ⁺	Mg ⁺	Al ⁺	H+	S.B	t	T	V	m	M.O	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
	H2O	mg/dm ³	-----Cmolc/dm ³ -----						%				mg/dm ³									
2022	6,4	9,4	0,4	0,1	2,9	0,6	0	1,9	4	4	5,9	67	0	2,4	0,5	0,4	27,7	47,6	2,2	74	7	19
2023	6	16	0,5	0	4,1	1,2	0	3	5,8	5,8	8,8	66	0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-
2024	6	14	0,6	0,1	3,3	1,2	0	1,9	5,2	5,2	7,1	73	0	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-

Os dados meteorológicos, durante o período de condução dos experimentos, foram obtidos a partir da estação meteorológica da UESB, entre os meses de maio a setembro dos anos 2022, 2023 e 2024 (Figuras 1, 2 e 3, respectivamente).

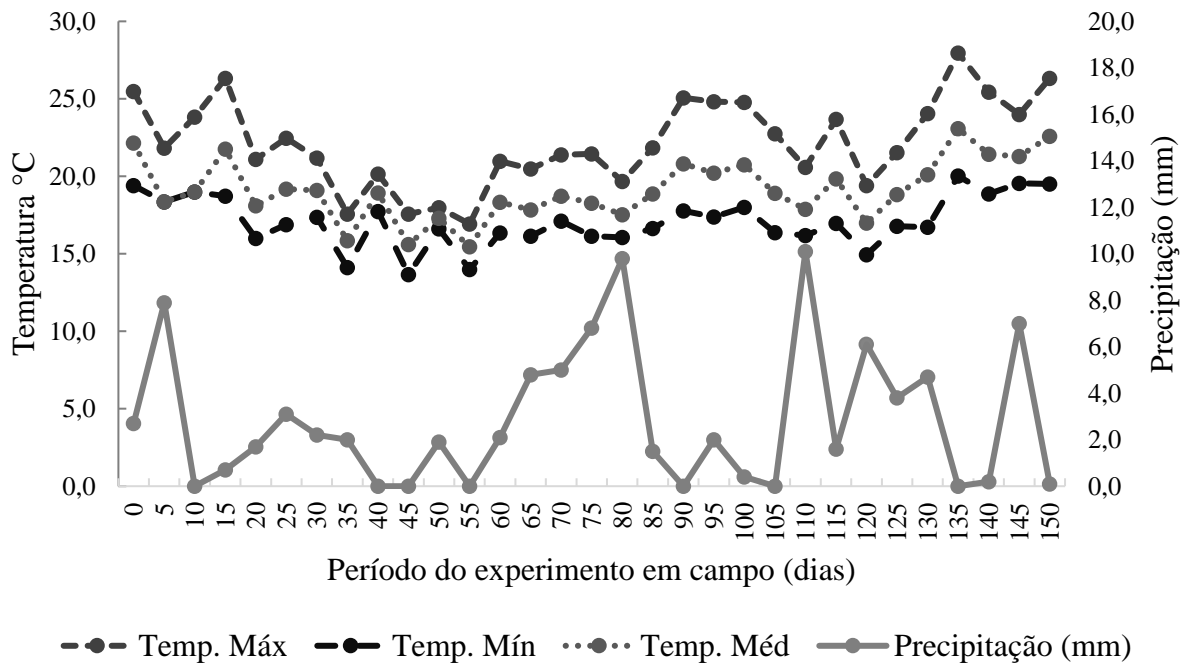


Figura 1: Temperatura máxima (T. MÁX.), mínima (T. MÍN.) e média (T. MÉD.) e precipitação no município de Vitória da Coquista, BA, Brasil, de maio a setembro de 2022.

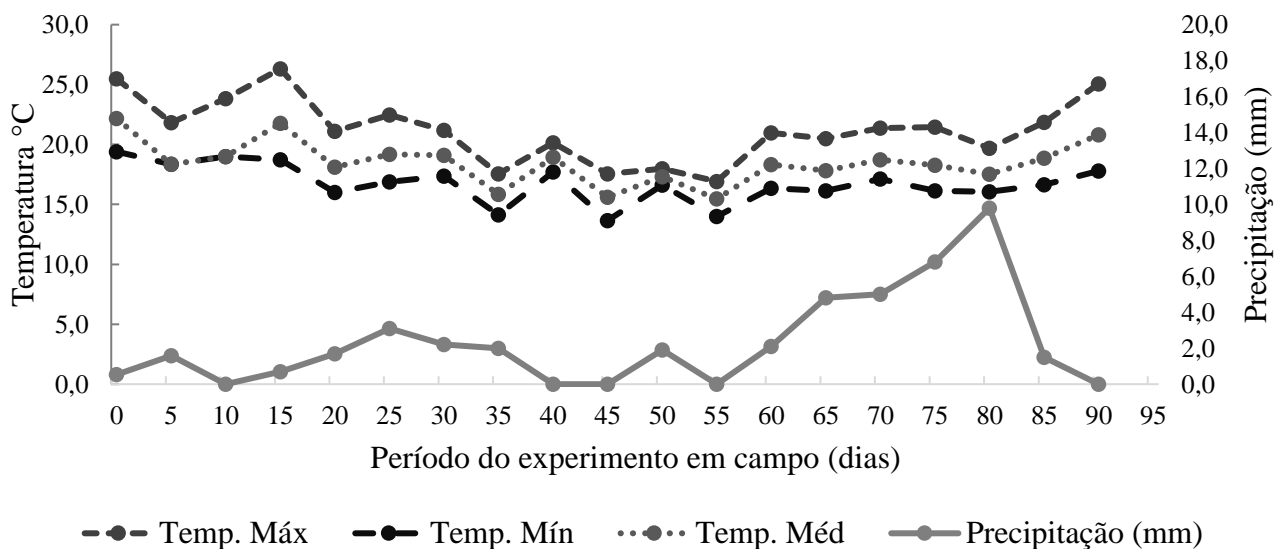


Figura 2: Temperatura máxima (T. MÁX.), mínima (T. MÍN.) e média (T. MÉD.) e precipitação no município de Vitória da Coquista, BA, Brasil, de maio a setembro de 2023.

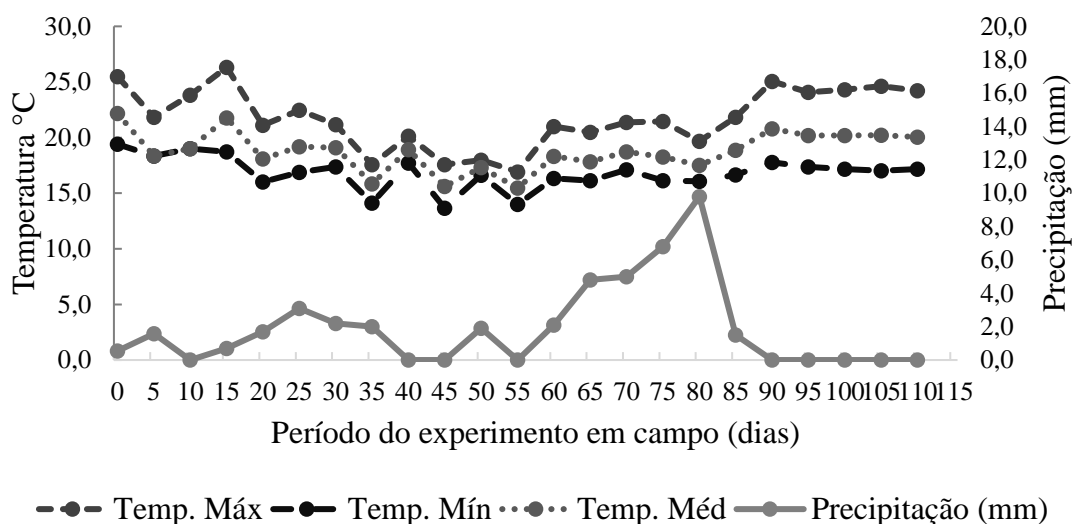


Figura 3: Temperatura máxima (T. MÁX.), mínima (T. MÍN.) e média (T. MÉD.) e precipitação no município de Vitória da Coquista, BA, Brasil, de maio a setembro de 2024.

O delineamento foi conduzido em blocos casualizados, com 4 repetições, sendo montado um delineamento para as cultivares nobres e outro para seminobres, separados por uma distância de segurança de aproximadamente 6 metros. Avaliou-se o desempenho agrônomo de 6 cultivares nobres (Ito, Caçador, Quitéria, Chonan, Jonas e San Valentim) e 13 cultivares seminobres (Amarante branco, BRS Hozan, Cateto roxo, Catiguá, Chinês FF, Chinês FL, Chinês PR, Chinês SJ, Gigante roxo, Caturra, Crespo, Mexicano, Lavínia); exceto no ano de 2022, quando o experimento foi conduzido com apenas 6 cultivares (Jonas, Ito, Chona, San Valentin, Cateto Roxo e Amarante Branco). O experimento foi realizado durante os anos de 2022, 2023 e 2024. As parcelas foram constituídas por canteiros de dimensões 1,00 m de largura e 1,0 m de comprimento e 0,20 m de altura com quatro linhas de plantio, totalizando 1,0 m². Os bulbilhos foram plantados a uma profundidade de 0,05 m com espaçamento de 0,25m entre linhas e 0,10 m entre plantas, sendo a área útil composta por 40 plantas.

Os bulbilhos sementes livre de vírus (LV) de todas as cultivares foram oriundas do banco de germoplasma da Embrapa Hortaliça, cedido pelo projeto de cooperação entre as instituições (UESB e Embrapa Hortaliças), exceto no ano de 2022, sendo oriundas de produtores sementes de Santa Catarina. Os bulbos usados no plantio foram submetidos à classificação e padronização, de acordo com a Portaria MAPA nº 435, de 18 de maio de 2022 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, categorias 5 e 6; objetivando obter maior uniformidade das plantas nos blocos. O alho semente das cultivares nobres foram submetidos ao processo de vernalização em freezer vertical com

regulador de temperatura; regulado para a faixa de temperatura de $0^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa do ar de 65-70%, durante 55 dias.

A vernalização foi iniciada quando as cultivares apresentaram o índice visual de dormência (IDV) entre 30 e 40%. Posteriormente, as sementes (bulbilhos) foram classificadas em peneiras, sendo que os bulbilhos retidos na peneira 1 e 2 foram plantados no bloco 1 e 2, respectivamente; e os da peneira 3 foram plantados nos blocos 3 e 4; os bulbilhos com defeitos foram descartados, os perfeitos foram plantados, quando apresentou (IVD) com valores superiores ou iguais a 70%.

No preparo do solo, foi realizada uma subsolagem a 60 cm, uma aração e uma gradagem, seguido do levantamento dos canteiros. Para a adubação de plantio, utiliza-se as sugestões de Cavalcanti (2008) e Resende et al. (2004), com adaptações. Foram utilizados 1000 kg/ha. de P_2O_5 (MAP Granulado), 200 kg ha^{-1} de primaz (32 % CaO e 3 % MgO) para correção do cálcio, 2 kg ha^{-1} de boro (B) (Ácido Bórico), 2 kg ha^{-1} de zinco (Zn) (Sulfato de Zinco), 9 Kg ha^{-1} de manganês (Mn) (Sulfato de Manganês) e Magnésio 13,5 kg ha^{-1} (Mg) (Sulfato de magnésio) no plantio.

As adubações de cobertura, em cultivares nobres, foram realizadas utilizando-se Nitrato de Cálcio (15 % N e 18% Ca) e Cloreto de Potássio (60 % K_2O e 47 % CL), aproximadamente aos 20 DAP, 60 DAP e 70 DAP. O momento exato para a segunda etapa de adubação de cobertura foi definido após a realização de amostragem de diferenciação dos bulbos. Enquanto para as cultivares Seminobres, as adubações de cobertura foram realizadas em 4 aplicações: aos 30, 45, 60 e 75 DAP, utilizando-se as fontes nitrato de cálcio e cloreto de potássio.

A irrigação foi realizada por sistema de microaspersão, montados 3 m x 3 m, vazão de 40 L/hora. A umidade do solo foi elevada à Capacidade de Campo (CC) e, logo após o plantio, utilizou-se turno de rega variável, irrigando somente nos dias em que não houve presença de garoa, o equivalente a de 8 mm/ dia. No crescimento vegetativo e reprodutivo, aplicou-se o mesmo volume (8 mm/dia), nos dias sem presença de garoas. Canteiro adicional com plantas de cultivares nobres foi implantado para realizar o monitoramento do processo de diferenciação dos bulbilhos, a fim de direcionar o início do estresse hídrico.

A irrigação das cultivares nobres foi suspensa aproximadamente aos 40 a 50 DAP, por um período aproximado de 10 dias (Macedo et al., 2006); com o alho seminobre, a irrigação foi contínua até o final do ciclo de cultivo. Posteriormente, durante o crescimento do bulbo, utilizou-se um volume de 8 mm/dia com turno de rega variável,

assim como descrito para o alho nobre. No período de maturação, a irrigação foi interrompida 10 dias antes da colheita. Para o controle das plantas daninhas, aplicou-se herbicida pré-emergente (Herbadox – (i.a. Pendimentalina), na dose de 3,0 L ha⁻¹ (P.C), e realizou-se capinas sempre que necessário.

Durante todo o ciclo, realizou-se manejo fitossanitário: aplicação de fungicidas, inseticidas/acaricida, seguindo as recomendações técnicas para a cultura, utilizando os princípios ativos: Mancozebe, oxido cloreto de cobre, piraclostrobina, trifloxistrobina, tebuconazole e Captana para o controle de *Alternaria porri* e *Puccinia alli* e inseticidas beta-ciflutrina e azadiractina para o controle de *Trips tabaci*. A colheita foi iniciada à medida que as cultivares apresentaram sinais de maturação (senescência das folhas), quando as plantas apresentavam de três a quatro folhas verdes. Posteriormente, as plantas colhidas foram submetidas ao processo de “cura”, permanecendo em um local parcialmente exposto ao sol, ambiente protegido, sombreado, arejado e seco, onde foram curadas por 20 dias. Após a cura, foi realizada a toaleta dos bulbos, através do corte do pseudocaule a 1 cm acima do bulbo, retirando-se as raízes e películas sujas.

As características avaliadas foram: emergência, altura de plantas, números de folhas fotossinteticamente ativas, número de folhas senescentes, diâmetro do pseudocaule, razão bulbar, peso do bulbo, diâmetro do bulbo, número de bulbilhos por bulbo, produção total, produção comercial e a classificação dos bulbos por categoria.

A emergência do alho-semente foi avaliada aos 15 após o plantio (DAP) pela contagem de todas as plantas emergidas da área útil da parcela e os valores foram expressos em porcentagem (%). Aos 70 DAP, em uma amostra de 10 plantas aleatórias por parcela, foram avaliadas a altura das plantas com o auxílio de uma régua milimétrica, do nível do solo até a extremidade da folha mais comprida, com valores expressos em cm.

Também foi avaliado o número de folhas vivas (fotossinteticamente ativas), bem como o número de folhas em senescência. O diâmetro do pseudocaule, aproximadamente a 5 cm do colo da planta, foi avaliado com o auxílio de um paquímetro digital.

A razão bulbar expressa o grau de desenvolvimento do bulbo, sendo calculada através da relação diâmetro do pseudocaule na altura do colo/diâmetro da parte mediana do bulbo.

A massa média de bulbos foi determinada pela razão entre massa total de bulbos pelo número total de bulbos, valores expressos em g/bulbo. Foram selecionados 10 bulbos aleatoriamente, e contados o número total de bulbilhos por bulbo.

Os bulbos foram classificados pelo diâmetro transversal em padrões comerciais de tamanho, de acordo com a Portaria MAPA nº 435, de 18 de maio de 2022, em calibres: Calibre 1 (menor ou igual a 20 mm), Calibre 2 (21 - 30 mm), Calibre 3 (31 - 40 mm), Calibre 4 (41 - 45 mm), Calibre 5 (46 - 50 mm), Calibre 6 (51 - 55 mm), Calibre 7 (56 - 60 mm), Calibre 8 (61 - 65 mm) e Calibre 9 (≥ 66 mm).

A produção total foi calculada em função da somatória da massa dos bulbos comercial (Não comercial, Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4, Classe 5, Classe 6, Classe 7, Classe 8 e Classe 9 comercial), sendo os valores expressos em t/ha.

A produção comercial de bulbos foi determinada pelo somatório da massa dos bulbos das Classe 3, Classe 4, Classe 5, Classe 6, Classe 7, Classe 8 e Classe 9, valores expressos em t/ha.

Para a análise estatística dos dados, empregaram-se procedimentos que permitiram tanto a comparação entre cultivares quanto a avaliação de relações entre variáveis biológicas e climáticas. Os dados utilizados compreenderam três anos agrícolas consecutivos (2022, 2023 e 2024), e as cultivares de alho foram avaliadas separadamente em duas categorias: cultivares nobres e seminobres. Para comparar as médias das cultivares dentro de cada categoria quanto às variáveis de crescimento e produção, foi aplicado o teste de agrupamento de Scott-Knott, adotando-se um nível de 5% de probabilidade. Para avaliar a relação entre as variáveis de crescimento e de produção do alho com os fatores climáticos registrados durante o ciclo da cultura nos três anos, utilizou-se a correlação de Spearman, com p-valor $\leq 0,05$. Todas as análises foram conduzidas no ambiente computacional R (R Core Team, 2024).

4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1. Desempenho Agronômico de cultivares de alho nobre nos anos 2022, 2023 e 2024

A Tabela 4 apresenta o comportamento vegetativo das cultivares nobres nas condições edafoclimáticas de Vitória da Conquista – BA, entre 2022 e 2024. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) quanto ao número de bulbilhos por bulbo, no ciclo de 2022, com médias variando de 10,40 (cv. Chonan) a 13,42 (cv. San Valentim). Estes resultados corroboram o intervalo relatado por Souza e Macêdo (2004), que observaram médias entre 8 e 13 bulbilhos por bulbo.

Resende et al. (2013) atribuíram o maior potencial produtivo da cultivar São Valentim ao elevado número de bulbilhos, visto que as dimensões individuais destas estruturas não diferiram das demais cultivares. No presente estudo, o destaque da cultivar Lavínia (34 bulbilhos) reflete essa estratégia de acúmulo de biomassa. Contudo, é necessário ter cautela na interpretação dessa variável, visto que, como ressaltado por Resende et al. (2013), um alto número de bulbilhos não garante, por si só, o incremento do valor comercial da produção. Dependendo da densidade de diferenciação das gemas, pode ocorrer a formação de bulbilhos excessivamente finos, conhecidos como 'tipo palito', o que resulta na depreciação comercial do bulbo (Resende, 1993). Além disso, os mesmos autores relatam que possivelmente a superioridade produtiva depende também da estabilidade fisiológica do material, pois, embora as cultivares Chinês Real e Hozan possuíssem número e tamanho de bulbilhos semelhantes à São Valentim, suas produtividades total e comercial foram inferiores, devido à maior sensibilidade ao superbrotamento.

Em contrapartida, o manejo da vernalização e as condições climáticas locais podem alterar essa variável. Silva et al. (2019), por exemplo, verificaram média inferior (7,23) na cultivar Roxo Pérola de Caçador no Rio Grande do Norte, atribuindo o resultado à época de plantio e tempo de vernalização. Strassburger et al. (2019), avaliando o arranjo espacial mais indicado para o alho cv. São Valentin Esmeralda, não observaram diferença estatística no número de bulbilhos por bulbo, com valores de 15,77 em fileiras duplas e 15,83 em fileiras simples.

O número de bulbilho por bulbo observado neste experimento, em comparação aos dados de Silva et al. (2019), sugere uma boa adaptabilidade das cultivares avaliadas às condições de Vitória da Conquista, atendendo aos requisitos comerciais da cultura. Já Resende et al. (2001) não constataram diferenças estatísticas no número de bulbilhos com vernalização entre 40 e 60 dias, ressaltando que períodos inferiores a 20 dias inibem a diferenciação.

Mesmo não havendo diferença estatística no número de bulbilhos por bulbos nos ciclos de 2023 e 2024, os valores obtidos no presente trabalho demonstram que, apesar das variações anuais, as cultivares expressaram adaptabilidade satisfatória às condições locais, mantendo o número de bulbilhos por bulbo dentro dos padrões varietais esperados.

Tabela 4. Emergência de plantas (E), número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA), altura de plantas (AP), diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas senescentes (NFS), razão bulbar (RB) e número de bulbilhos por bulbos (BB) de cultivares de alho nobre cultivadas em região de altitude do semiárido baiano, nos anos de 2022 a 2024. UESB, Vitória da Conquista – BA, Brasil, 2025

Variáveis	E (%)	FFA (n°)	AP (cm)	DP (mm)	NFS (n°)	RB	BB (n°)
ANO 2022							
Ito	95,32 ^{NS}	6,17 ^{NS}	64,12 ^{NS}	-	0,575 ^{NS}	-	10,50 b
Jonas	85,60	6,07	58,43	-	0,52	-	10,50 b
Chonan	80,50	6,00	64,77	-	0,62	-	10,40 b
San Valentin	83,30	6,12	64,85	-	0,40	-	13,42 a
ANO 2023							
Ito	97,50 b	6,05 b	75,5 ^{NS}	13,71 b	-	0,34 ^{NS}	16,75 ^{NS}
Jonas	92,50 b	6,05 b	70,45	13,14 b	-	0,368	10,85
Chonan	100 a	6,45 a	75,55	13,31 b	-	0,359	11,61
San Valentin	97,50 b	6,025 b	78,35	13,69 b	-	0,333	13,30
Quitéria	100 a	5,47 c	72,02	13,86 b	-	0,344	14,78
Caçador	100 a	6,92 a	75,35	15,63 a	-	0,376	13,80
ANO 2024							
Ito	98.75 a	5.87 ^{NS}	70.25 ^{NS}	11.97 ^{NS}	1.52 ^{NS}	0.22 ^{NS}	11.32 ^{NS}
Jonas	99.37 a	5.75	67.95	11.59	1.50	0.30	11.35
Chonan	96.87 a	5.40	68.67	11.71	1.72	0.32	10.92
San Valentin	80.62 b	5.57	65.15	11.12	1.35	0.32	12.55
Quitéria	94.16 a	6.07	67.00	12.34	1.65	0.22	11.12
Caçador	95.62 a	5.57	70.67	11.50	1.75	0.27	11.77

*Medias seguidas das mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade. ^{NS} = Não significativo

No ciclo de 2023, observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) na emergência, no número de folhas fotossinteticamente ativas (NFFA) e no diâmetro do pseudocaule (DP). As cultivares Caçador, Chonan e Quitéria apresentaram 100% de emergência, diferindo-se das cultivares San Valentim, Ito (97,50%) e Jonas (92,50%).

Já no ciclo de 2024, a análise de variância indicou diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para a emergência de plantas. A cultivar San Valentim apresentou o menor desempenho (80,62%), enquanto a cultivar Jonas destacou-se com 99,37% de emergência. Nota-se que este valor, para a cultivar Jonas, é superior ao registrado no ano anterior (2023), sugerindo que as condições edafoclimáticas e de manejo em 2024, como umidade, temperatura e profundidade de plantio, foram mais favoráveis ao estabelecimento inicial deste genótipo.

De modo geral, a alta emergência reflete o efeito positivo das baixas temperaturas sobre os reguladores de crescimento durante a vernalização dos materiais, favorecendo o desenvolvimento inicial (Lucidos et al., 2014). Contudo, as variações observadas entre os genótipos corroboram o exposto por Oliveira et al. (2010). Segundo os autores, tais diferenças no desenvolvimento inicial não se devem apenas à genética, mas também à propagação convencional, que utiliza bulbilhos com maturação fisiológica heterogênea no momento do plantio. Adicionalmente, fatores como fotoperíodo, temperatura, altitude e manejo podem ter modulado a resposta de cada cultivar de maneira diferenciada.

Adicionalmente, fatores ambientais desempenham papel preponderante. Segundo Santos et al. (2018), a variabilidade na emergência indica diferentes níveis de tolerância ao estresse térmico e hídrico, influenciados pela altitude e sazonalidade local. A importância do ajuste da semeadura ao clima, reforçada por Resende et al. (2011) que, ao avaliarem diferentes épocas e períodos de vernalização, constataram que o plantio na época correta maximiza a emergência e a altura de plantas, independentemente do tempo de vernalização.

Em relação ao desenvolvimento vegetativo, a cultivar Caçador destacou-se com a maior média de folhas fotossinteticamente ativas (9,92), diferindo-se estatisticamente das demais. A cultivar Chonan apresentou valor intermediário (6,45), enquanto Quitéria obteve o menor desempenho (5,47). Isso pode ter ocorrido pelo fato das cultivares apresentarem exigências edafoclimáticas diferenciadas (Honorato et al., 2013).

Em trabalho realizado por Pedrosa (2015), avaliando a cultivar Ito em Lavras-MG, foi observada média de 7 folhas aos 70 dias após o plantio (DAP), valor próximo à média geral encontrada nesta pesquisa.

A variabilidade observada entre os genótipos corrobora estudos de Resende (2005), que atribuem tais diferenças à adaptação genética, frente às condições edafoclimáticas. O fotoperíodo, em particular, exerce forte pressão sobre essa característica (Carvalho; Monnerat, 2020). Souza (2024), por exemplo, verificou que embora o número de folhas possa ser similar aos 45 DAP, a diferenciação ocorre em estádios mais avançados (92 DAP), influenciada pela duração do dia.

A arquitetura foliar é um indicativo fenológico crucial da adaptabilidade da cultivar. Segundo Rebelato et al. (2016), o número de folhas emitidas varia conforme a precocidade do material genético, sendo que a manutenção de um alto número de folhas fotossinteticamente ativas até o início da bulbificação está diretamente correlacionada a maiores produtividades comerciais.

O maior número de folhas resulta em maior área foliar, o que pode potencializar a taxa fotossintética da planta, resultando em maior desenvolvimento e produtividade da planta (Nguyen et al., 2022). No presente estudo, observou-se, nos três anos de cultivo, uma relação entre o número de folhas e a qualidade da produção, cujas cultivares que mantiveram maior número de folhas, como a Caçador, apresentaram maior produtividade comercial e concentração de bulbos nas classes nobres (C5, C6 e C7).

Esse resultado corrobora a função das folhas como fontes primárias de fotoassimilados para o bulbo (Raposo, 2021) e é reforçado por dados do IPACER (2021). Segundo o instituto, a preservação da área foliar é crítica, especialmente na fase de pré-diferenciação, quando as folhas captam o estímulo para a bulbificação. A perda de folhas, nesse período, pode gerar quebras de até 76,4% na produtividade, enquanto na pós-diferenciação a planta demonstra certa capacidade compensatória. Portanto, o superior desempenho da cultivar Caçador pode ser atribuído à sua capacidade de manter uma arquitetura foliar ativa nos momentos decisivos de indução e enchimento do bulbo.

Em relação ao diâmetro do pseudocaule (DP), a cultivar Caçador diferiu-se estatisticamente das demais, apresentando desenvolvimento superior (15,63 mm). Esse parâmetro é um importante indicador biométrico, visto que o pseudocaule é constituído pelo envolvimento das bainhas foliares e seu espessamento está diretamente associado ao vigor vegetativo. Segundo Sousa et al. (2024), plantas com maior DP tendem a possuir

maior área foliar e capacidade de acúmulo de fotoassimilados, culminando em maior potencial produtivo.

Bekis et al. (2020) observaram correlação positiva e significativa entre o diâmetro do pseudocaule e a produção de bulbos, sugerindo que a seleção indireta baseada nesta característica é uma estratégia confiável para o melhoramento genético. No mesmo sentido, Singh et al. (2013) relataram associação direta entre o diâmetro do pseudocaule e o rendimento final. Essa relação alométrica positiva entre a robustez morfológica (altura e diâmetro) e a produtividade de bulbos já havia sido descrita por Mueller et al. (1990) no sul do Brasil.

Quanto à altura das plantas, verificou-se uniformidade entre as cultivares, não havendo diferenças significativas ($p > 0,05$) nos três ciclos avaliados. Os valores oscilaram entre 58,43 e 78,35 cm, dependendo do ano agrícola. Essa estabilidade no crescimento vertical é positiva, pois, segundo Kuldeep et al. (2017), a altura da planta correlaciona-se diretamente com o aparato foliar (número, comprimento e largura). Assim, o maior aporte vegetativo garante uma área fotossintética adequada para o enchimento dos bulbos, confirmando a premissa de que cultivares de ciclo tardio investem em uma arquitetura robusta para maximizar a produção (Dejen Bekis et al., 2020; Pacholczyk-Sienicka et al., 2024).

Ademais, as cultivares de maturação tardia tendem a apresentar maior incremento vegetativo, incluindo altura, número e dimensões de folhas e diâmetro do colo, resultando em uma arquitetura de planta mais robusta (Dejen Bekis et al., 2020).

A cultivar Caçador (15,63) diferiu-se estatisticamente das demais apresentando maior DP, quando comparada às demais cultivares. O pseudocaule do alho é formado pelas bainhas foliares envolvidas, e seu diâmetro está intimamente ligado ao vigor da planta. Cultivares com maior DP geralmente possuem maior área foliar, maior acúmulo de fotoassimilados e, conseqüentemente, maior capacidade de crescimento e desenvolvimento (Sousa et al., 2024).

Os dados produtivos das cultivares nobres, avaliadas nos ciclos de 2022, 2023 e 2024, estão apresentados na Tabela 5. No ciclo de 2022, a análise de variância revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) para as variáveis produtivas: diâmetro (DB), peso de bulbos (PB), produtividade total (PT) e comercial (PC).

Quanto ao diâmetro de bulbos, no ciclo de 2022, a cultivar San Valentim destacou-se com média de 48,40 mm, diferindo-se estatisticamente ($p < 0,05$) das cultivares Ito (43,39 mm), Jonas (42,26 mm) e Chonan (43,12 mm). Esse desempenho supera o

observado por Biesdorf et al. (2015), que reportaram diâmetro máximo de 45,2 mm para a cultivar Quitéria vernalizada. Além disso, o valor obtido assemelha-se aos resultados de Lopes (2014), no Rio Grande do Norte, onde a cultivar Roxo Pérola de Caçador atingiu 48,29 mm, sob condições de vernalização (65 dias) e época de plantio, demonstrando o alto potencial da San Valentim nas condições avaliadas (Tabela 5).

Essa robustez no calibre refletiu-se diretamente no acúmulo de biomassa. A cultivar San Valentim diferiu-se estatisticamente ($p < 0,05$) das demais, apresentando o maior peso médio de bulbo (41,15 g), seguida pelas cultivares Ito (32,61 g) e Chonan (31,95 g). A cultivar Jonas apresentou o menor desempenho produtivo individual (29,38 g) (Tabela 5). O desempenho da San Valentim, neste ensaio, superou as médias relatadas por Resende et al. (2014) no Distrito Federal, que obtiveram 31,45 g para a mesma cultivar, além de 36,06 g para Chonan. De mesmo modo, os valores aqui observados ultrapassam os resultados de Biesdorf et al. (2015), em Mato Grosso, onde o destaque foi a cultivar Quitéria vernalizada, com peso médio de 33,5 g. Essa superioridade evidencia a boa adaptação das cultivares avaliadas às condições edafoclimáticas de Vitória da Conquista.

Tabela 05. Diâmetro de bulbo (DB), peso de bulbo (PB), produção comercial (PC) e produção total (PT) de cultivares de alho nobre cultivadas em região de altitude da Bahia, nos anos de 2022 a 2024. UESB, Vitória da Conquista – BA, Brasil, 2025

Variáveis	DB (mm)	PB (g)	PC (t ha ⁻¹)	PT (t ha ⁻¹)
ANO 2022				
Ito	43,39 b	32,61 b	15,51 a	15,68 a
Jonas	42,26 b	29,38 b	12,66 b	12,97 b
Chonan	43,12 b	31,95 b	16,17 a	16,60 a
San Valentim	48,4 a	41,15 a	17,68 a	17,75 a
ANO 2023				
Ito	40,22 ^{NS}	25,30 ^{NS}	11,45 ^{NS}	11,77 ^{NS}
Jonas	36,12	18,57	5,56	5,95
Chonan	36,79	19,50	7,55	8,036
San Valentim	40,05	25,70	4,07	4,21
Quitéria	40,65	23,08	6,78	6,99
Caçador	41,69	26,27	8,45	8,45
ANO 2024				
Ito	46,82 a	39,90 ^{NS}	15,30 ^{NS}	16,42 ^{NS}

Jonas	33,61 b	33,61	13,22	13,7
Chonan	42,63 a	32,75	12,87	14,04
San Valentin	40,30 a	25,06	10,27	12,67
Quitéria	42,58 a	33,13	13,30	13,8
Caçador	45,77 a	39,68	15,87	16,57

*Medias seguidas das mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade. ^{NS} = Não significativo

A análise da produtividade comercial (PC) e total (PT) revelou comportamentos distintos ao longo dos anos agrícolas, evidenciando a forte interação genótipo-ambiente. No ciclo de 2022, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares, com destaque para a San Valentim, que alcançou as maiores médias de PC (17,68 t ha⁻¹) e PT (17,75 t ha⁻¹), seguida pelas cultivares Chonan e Ito (Tabela 5).

O desempenho obtido nesse primeiro ano superou expressivamente os resultados encontrados na literatura para as mesmas cultivares. Resende et al. (2013), no Distrito Federal, reportaram produtividades máximas de 11,50 t ha⁻¹ para San Valentim e 9,52 t ha⁻¹ para Chonan. Da mesma forma, os valores aqui observados são superiores aos relatados por Biesdorf et al. (2015). Ao avaliarem o desempenho agrônômico do alho no Mato Grosso, os autores constataram que as cultivares vernalizadas formaram um grupo homogêneo de produtividade. A cultivar Quitéria L.V obteve a maior média (4,5 t ha⁻¹), seguida por Quitéria (4,1 t ha⁻¹), Caçador (3,9 t ha⁻¹) e Jonas (3,7 t ha⁻¹). A análise estatística indicou não haver diferença significativa entre estas cultivares, demonstrando que, naquelas condições edafoclimáticas, todos apresentaram potencial produtivo semelhante, contudo, com valores inferiores aos encontrados neste estudo, o que pode indicar que o comportamento e expressão produtiva das cultivares, em 2022, foram em virtude das condições climáticas favoráveis durante todo o ciclo de cultivo.

No ciclo de 2023, a análise de variância não detectou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as cultivares, indicando que todas elas apresentaram comportamento produtivo estatisticamente semelhante. As produtividades registradas situaram-se em um patamar inferior ao do ano anterior, com a cultivar Ito atingindo 8,84 t ha⁻¹, seguida pelas cultivares Caçador (8,45 t ha⁻¹), Chonan (7,55 t ha⁻¹), Quitéria (6,78 t ha⁻¹), Jonas (5,56 t ha⁻¹) e San Valentim (4,07 t ha⁻¹). Essa ausência de estratificação estatística, associada à redução geral dos rendimentos, evidencia a forte influência das condições estressantes do ano agrícola sobre todo o conjunto de cultivares avaliado.

Já no ciclo de 2024, verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) quanto ao diâmetro de bulbos (DB), com destaque para a cultivar Ito (46,82 mm), que se diferiu

estatisticamente da cultivar Jonas (33,61 mm). Esse resultado corrobora os dados de Raposo (2021) que, ao trabalhar no Cerrado Mineiro com a cultivar Ito em altas densidades (280 mil plantas ha⁻¹), também registrou calibres superiores a 45 mm. Tal comportamento justifica-se pela alta plasticidade fenotípica e eficiência da cultivar Ito na translocação de fotoassimilados, permitindo o enchimento satisfatório do bulbo, mesmo sob condições de competição ou variações edafoclimáticas.

Consequentemente, a Produtividade Comercial (PC), em 2024, apresentou um incremento substancial em relação a 2023. Embora não tenha havido diferença estatística ($p > 0,05$) entre os tratamentos, as médias indicaram um patamar produtivo elevado e uniforme. A cultivar Caçador apresentou 15,87 t ha⁻¹, seguida de perto pela Ito (15,30 t ha⁻¹), Quitéria (13,30 t ha⁻¹), Jonas (13,22 t ha⁻¹) e Chonan (12,87 t ha⁻¹). A recuperação dos níveis de produtividade sugere que as condições ambientais de 2024 foram favoráveis à expressão do potencial genético das cultivares avaliadas.

A produtividade alcançada pela cultivar Ito, no ciclo de 2024 (15,30 t ha⁻¹), demonstra a eficiência do manejo adotado (Tabela 5), situando-se no mesmo patamar de regiões de alta tecnologia. Resultados similares foram obtidos em Cristalina-GO, por Luz et al. (2025), que, ao avaliarem diferentes manejos térmicos, registraram produtividade máxima de 15,18 t ha⁻¹, quando a cultivar foi submetida à vernalização negativa (-1 a -3 °C). Vale ressaltar que a maturação do bulbilho-semente também influenciou o desempenho, com o ponto de maturação precoce alcançando 14,04 t ha⁻¹, valores próximos aos observados neste trabalho.

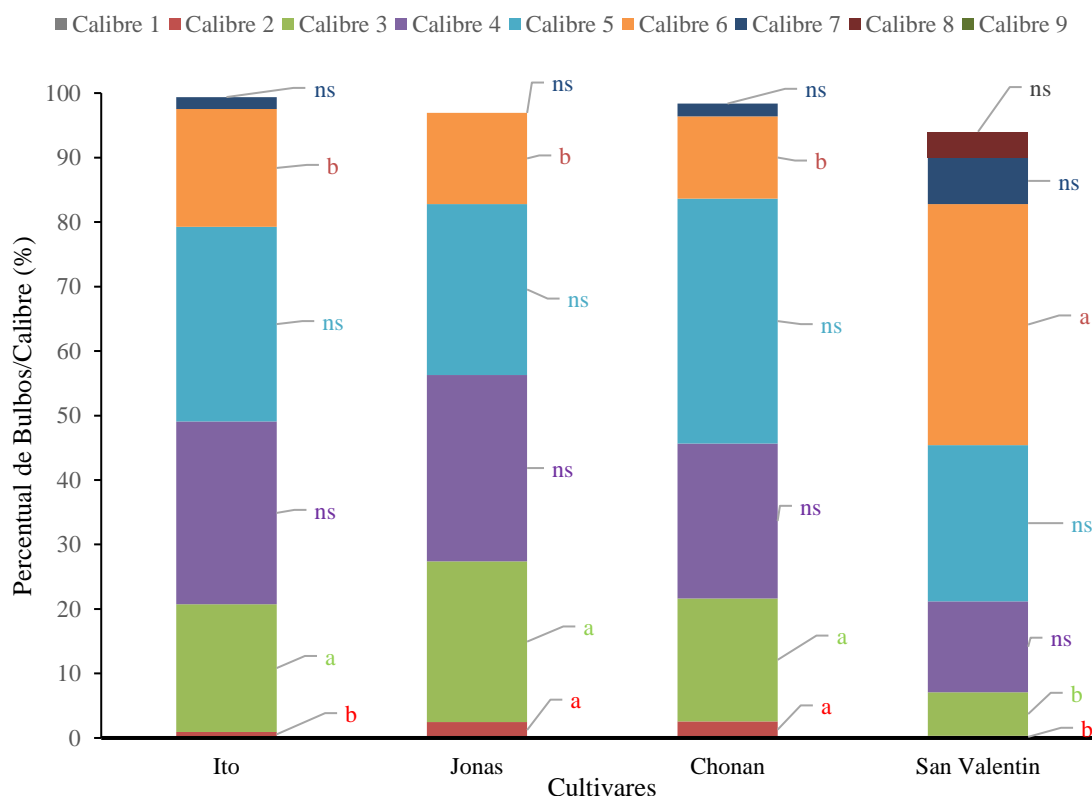


Figura 4. Percentual de bulbos de alho nobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2022. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma categoria (cor), não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade.

A categorização dos bulbos seguiu os padrões comerciais estabelecidos pela Instrução Normativa nº 435, de 18 de maio de 2022, baseada no diâmetro transversal. Conforme observado na Figura 4, a produção das cultivares nobres, no ciclo de 2022, concentrou-se majoritariamente nas categorias intermediárias e superiores, especialmente nos calibres 4, 5 e 6.

Analisando as classes de menor diâmetro, a cultivar Chonan apresentou a maior proporção de bulbos no calibre 2 (2,58%), enquanto a San Valentim registrou o menor índice (0,74%). No calibre 3, a cultivar Jonas diferiu-se estatisticamente ($p < 0,05$) das demais, concentrando 24,24% de sua produção nessa categoria, em contraste com a San Valentim, que obteve apenas 6,74%.

Para os calibres de maior valor comercial (4, 5, 7 e 8), não houve diferença estatística entre as cultivares. Contudo, o diferencial produtivo foi verificado no calibre 6, quando a cultivar San Valentim destacou-se com 37,36% de seus bulbos classificados nesta categoria (Figura 4).

A distribuição dos bulbos entre os calibres evidenciou padrões distintos entre as cultivares (Figura 7). Ito concentrou sua produção principalmente nos calibres 5 (30,19%) e 4 (28,36%), com menor proporção nos calibres 3 (19,77%) e 6 (18,25%). De maneira semelhante, Jonas apresentou maior frequência nos calibres 4 (28,89%) e 5 (26,50%), seguida pelo calibre 3 (24,94%) e, em menor proporção, pelo calibre 6 (14,13%). A cultivar Chonan distribuiu-se, sobretudo, entre os calibres 5 (38,01%) e 4 (24,00%), com menores percentuais nos calibres 3 (19,06%) e 6 (12,72%). Em contraste, San Valentim concentrou maior parte de seus bulbos nos calibres 6 (37,36%), seguido pelos calibres 5 (24,23%) e 4 (14,12%), indicando tendência de formação de bulbos de maior diâmetro em relação às demais cultivares (Figura 4).

Resultados superiores, em termos de classificação comercial, foram reportados por Resende et al. (2013). Diferentemente da concentração na categoria 6 verificada neste ensaio, os autores observaram que cultivares como Ito e Roxo Caxiense concentraram mais de 50% da produção na categoria 7 ($p < 0,05$), diferindo-se estatisticamente do grupo intermediário formado por Bergamota, Chonan e Jonas, que variaram entre 36% e 42%.

Em contrapartida, esses autores verificaram que as cultivares Caçador (20%), Quitéria (20,8%) e São Valentim (10,8%) apresentaram os menores percentuais de bulbos na categoria 7. Além do menor rendimento em calibres maiores, a cultivar Quitéria destacou-se por maior número de bulbos pequenos, na categoria 3 (22,3%). Esse comportamento contrasta com a eficiência das cultivares Ito e Roxo Caxiense, que apresentaram proporções inexpressivas nessa categoria inferior, com apenas 2,8% e 0,8%, respectivamente (Resende et al., 2013).

Adicionalmente, Luz et al. (2025) reforçam que a obtenção de bulbos de melhor valor comercial (Classe 6) e a redução do descarte estão associadas à responsividade dessas cultivares (especialmente a Ito) a estímulos térmicos adequados, como o uso de temperaturas negativas na vernalização.

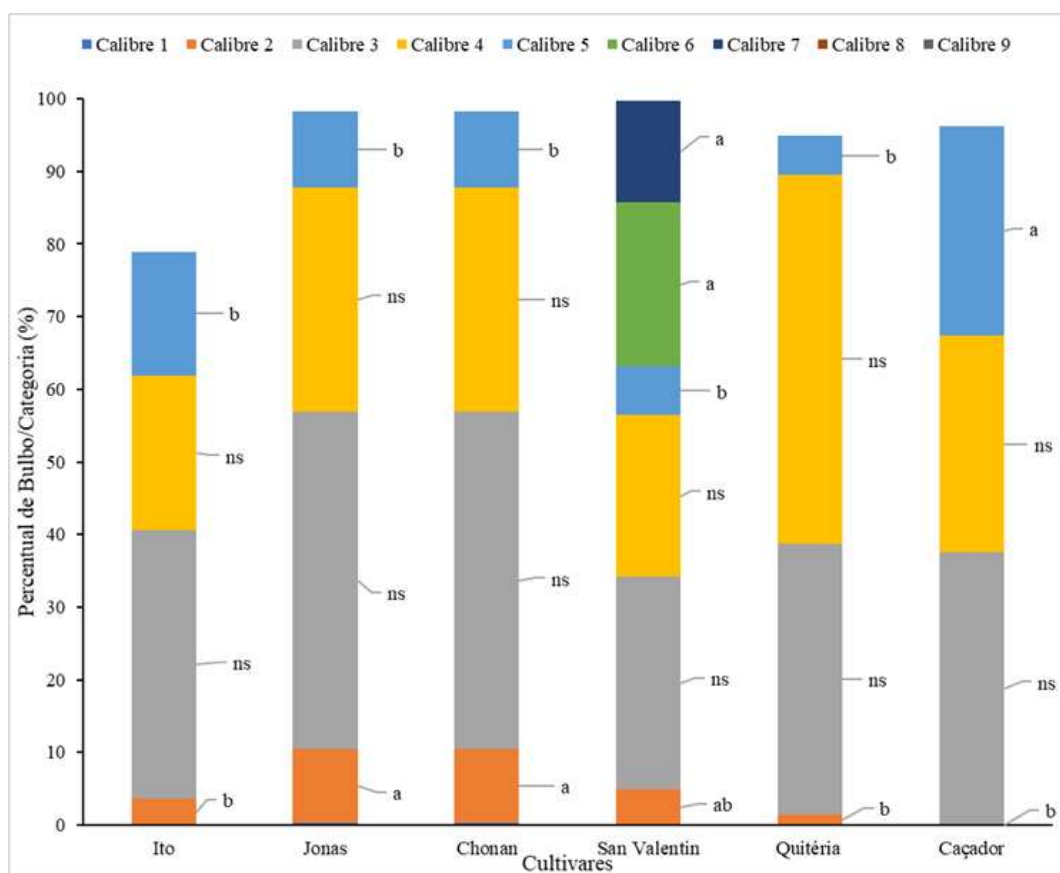


Figura 5. Percentual de bulbos de alho nobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2023. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma categoria (cor), não diferem entre si pelo teste de SCOTT -KNOTT a 5% de probabilidade.

No ciclo de 2023, a análise da classificação comercial (Figura 5) mostrou uma predominância de bulbos nos calibres 3 e 4, para todas as cultivares nobres, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) entre as cultivares nestas categorias.

Entretanto, diferenças estatísticas ($p < 0,05$) foram observadas na cv. Caçador que obteve menor proporção de bulbos na categoria 2, seguido de Ito, Quitéria e San Valentim. Caçador também se destacou com maior porcentagem de bulbos no calibre 5 (28,73%), enquanto San Valentim apresentou maior proporção nos calibres 6 (22,6%) e 7 (13,99%) (Figura 8).

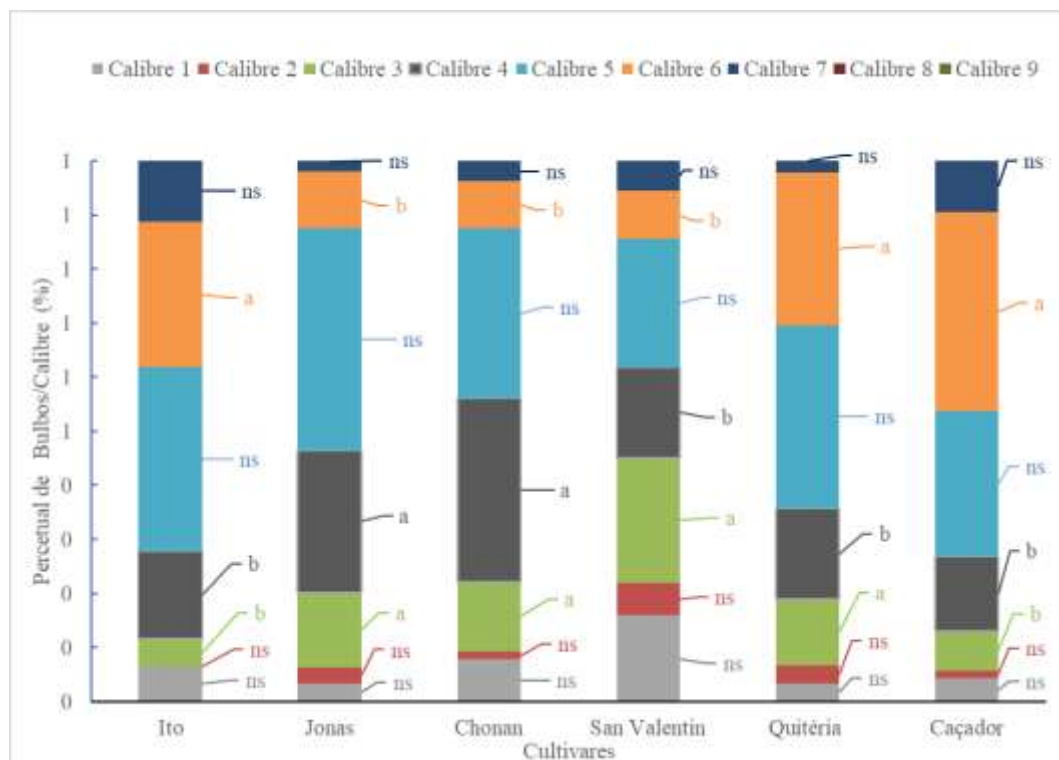


Figura 6. Percentual de bulbos de alho nobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2024. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma categoria (cor), não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade.

No ciclo de 2024, observou-se uma predominância geral de bulbos nos calibres 4, 5 e 6 para todas as cultivares. Observou-se que Caçador destacou-se pelo maior padrão comercial, apresentando a maior proporção de bulbos no calibre 6 (36,66%), diferenciando-se estatisticamente das demais (Figura 6). Em um patamar intermediário, a cultivar Chonan concentrou a maior parte de sua produção no calibre 4 (33,92%). Por outro lado, a cultivar San Valentin apresentou desempenho inferior, diferenciando-se estatisticamente ($p < 0,05$) pela maior incidência de bulbos pequenos (calibre 3), que representaram 23,45% do total. Quanto à classe de maior valor comercial (calibre 7), não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$) entre os percentuais das cultivares avaliadas.

4.2. Desempenho Agronômico de cultivares de alho seminobre nos anos 2022, 2023 e 2024

Conforme apresentado na Tabela 6, no ciclo de 2022, as cultivares seminobres diferiram-se estatisticamente ($p < 0,05$) apenas para a emergência (E) e para número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA). A cultivar Amarante Branco destacou-se com 87,45% de emergência, superando significativamente a cultivar Cateto Roxo, que registrou apenas 50,43%. Esses resultados contrastam parcialmente com os observados por Oliveira et al. (2010), que não verificaram diferença significativa entre Cateto Roxo e Amarante na avaliação precoce (15 DAP), relatando que a estabilização da emergência, próxima a 80%, ocorreu apenas aos 24 dias após o plantio. Por outro lado, o desempenho superior da Amarante Branco, neste estudo, corrobora os achados de Honorato (2013). O autor constatou que a cultivar Amarante, juntamente com Branco Mossoró, Caturra, Chinês de São Joaquim, Gravatá e Gigante do Núcleo, foram capazes de superar 50% de emergência logo aos 15 DAP, evidenciando seu maior vigor inicial.

Em relação ao número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA), a cultivar Amarante Branco apresentou desempenho superior, em 2022, com média de 7,60, diferindo-se estatisticamente ($p < 0,05$) da cultivar Cateto Roxo (6,97). Esse maior vigor vegetativo da Amarante Branco corrobora os dados de Honorato (2013). O autor observou que as cultivares Amarante, Branco Mossoró, Caturra, Gravatá e Chinês São Joaquim formaram o grupo de maior número de folhas, com média de 7,1 folhas vivas por planta aos 60 DAP, superando significativamente as demais cultivares, que apresentaram 5,20 folhas.

Resultados distintos ao deste estudo também foram reportados por Soares et al. (2015) ao avaliarem o desempenho vegetativo de cultivares de alho no município de Governador Dix-sept Rosado-RN. Os autores observaram superioridade da cultivar Cateto Roxo, que apresentou 95,50% de emergência e 9,10 folhas vivas, diferindo-se estatisticamente da cultivar Amarante, que registrou menores índices de emergência (87,50%) e número de folhas (8,30 folhas).

O FFA é uma característica determinante para o rendimento, conforme verificado por Bekis et al. (2020), ao observarem que variáveis biométricas, como o comprimento do pseudocaule, número de folhas, largura e comprimento foliar, além do diâmetro e comprimento do bulbo, influenciam de forma positiva e significativa a produtividade final.

A influência do manejo e do genótipo sobre o desenvolvimento vegetativo também foi relatada por Lucena et al. (2016) no Rio Grande do Norte. Ao avaliarem a interação entre locais e tempos de vernalização, os autores estimaram valores máximos de 8,0 folhas por planta para a cultivar Gigante do Núcleo e 5,5 folhas para a BRS Hozan.

Tabela 6. Emergência de plantas (E), número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA), altura de plantas (AP), diâmetro do pseudocaule (DP), número de folhas senescentes (NFS), razão bulbar (RB) e número de bulbilhos por bulbos (BB) de cultivares de alho seminobre, cultivadas em região de altitude do semiárido baiano, nos anos de 2022 a 2024. UESB, Vitória da Conquista – BA, Brasil, 2025

Variáveis	E (%)	FFA (n°)	AP (cm)	DP (mm)	NFS (n°)	RB	BB (n°)
ANO 2022							
Amarante branco	87,45 a	7,60 a	52,12 ^{NS}	-	0,50 ^{NS}	-	23,82 ^{NS}
Cateto roxo	50,43 b	6,97 b	47,13	-	0,57	-	29,43
ANO 2023							
Amarante branco	75 b	7,92 c	63,67 b	15,84 a	-	0,33 a	14,35d
Cateto roxo	88,33 a	7,22 c	63,25 b	12,9 a	-	0,28 b	25,52 b
Gigante roxo	87,50 a	16,54 a	73,62 a	7,85 c	-	0,15 c	12,07 d
Lavinia	90,00 a	13,33 b	61,05 b	7,40 c	-	0,14 c	34,00 a
Crespo	40,00 d	14,39 a	64,27 b	4,95 e	-	0,10 d	20,12 c
Mexicano	93,33 a	15,08 a	72,80 a	7,75 c	-	0,14 c	24,37 b
Chinês FL	90,00 a	15,71 a	76,82 a	7,45 c	-	0,15 c	14,12 d
BRS Hozan	51,66 c	11,95 b	72,22 a	6,15 d	-	0,14 c	14,12 d
Chinês SJ	85,00 b	15,00 a	68,47 a	7,40 c	-	0,14 c	17,25 c
Chinês PR	92,50 a	15,77 a	74,12 a	7,80 c	-	0,16 c	20,65 c
Chinês FF	92,50 a	14,77 a	71,52 a	7,60 c	-	0,15 c	24,42 b
Catiguá	75,00 b	16,13 a	73,35 a	7,35 c	-	0,13 c	18,27 c
Caturra	93,33 a	16,55 a	70,6 a	8,30 c	-	0,16 c	13,87 d
ANO 2024							
Amarante branco	78,75 ^{NS}	5,15 ^{NS}	44,72 ^{NS}	11,08 ^{NS}	1,77 ^{NS}	0,38 ^{NS}	8,30 d
Cateto roxo	86,25	4,70	49,15	11,61	1,52	0,38	10,90 c
Gigante roxo	91,25	5,40	54,92	13,16	1,92	0,37	6,75 d
Lavinia	82,50	3,20	46,90	11,01	1,77	0,31	11,55 c
Crespo	80,00	4,40	53,12	12,36	1,47	0,46	20,45 a
Mexicano	88,75	5,40	55,45	12,60	1,67	0,37	10,15 c
Chinês FL	95,00	5,20	57,50	11,73	1,70	0,34	5,00 d

BRS Hozan	88,75	4,85	54,32	10,98	1,32	0,43	13,60 b
Chinês SJ	91,25	5,30	53,15	12,32	1,57	0,36	8,50 d
Chinês PR	88,75	5,33	59,51	12,30	1,60	0,37	11,30 c
Chinês FF	97,50	5,00	56,75	13,56	1,87	0,39	8,45 d
Catiguá	90,00	4,35	59,02	13,72	1,65	0,44	13,00 b
Caturra	83,75	4,95	55,57	12,09	1,80	0,40	8,35 c

*Medias seguidas das mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade. ^{NS} = Não significativo

No ciclo de 2023, a análise de crescimento revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as cultivares. Inicialmente, o estabelecimento do estande foi crítico para as cultivares Crespo (40%) e BRS Hozan (51,66%), que apresentaram os menores percentuais de emergência (Tabela 6).

Quanto ao número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA) aos 70 dias após o plantio, observou-se que a cv. Caturra se destacou em número de folhas (16,55 folhas), não se diferenciando estatisticamente de Gigante Roxo (16,54), Catiguá (16,13), Chinês PR (15,77), Chinês FL (15,71), Mexicano (15,08), Chinês SJ (15,00), Chinês FF (14,77) e Crespo (14,39). As cultivares Lavínia (13,33) e BRS Hozan (11,95) apresentaram valores intermediários. Já as cultivares Amarante Branco (7,92) e Cateto Roxo (7,22) apresentaram o menor desempenho vegetativo, diferenciando-se significativamente das demais.

Esses resultados superaram o potencial vegetativo relatado por Honorato et al. (2013), cujas médias variaram de 4,75 a 7,75 folhas. Esses autores observaram 7 folhas aos 60 dias após o plantio, nas cultivares Amarante e Caturra, enquanto gigante lavínia e BRS Hozan apresentaram 4,75 folhas. Assim, ao comparar os valores obtidos neste trabalho com Honorato et al. (2013), observa-se que a cultivar Amarante Branco apresentou alta estabilidade fenotípica, com número de folhas (7,92) muito próximo ao observado pelos autores. Entretanto, neste estudo, a cultivar caturra obteve um número de folhas bastante superior, indicando que, possivelmente, as condições ambientais foram mais favoráveis para esta expressar melhor seu potencial vegetativo.

Os maiores valores de altura de plantas (AP) foram registrados no ano de 2023 (Tabela 6), com destaque para as cultivares: Chinês FL (76,82 cm), Chinês PR (74,12 cm), Gigante Roxo (73,62 cm), Catiguá (73,35 cm), Mexicano (72,80 cm), BRS Hozan (72,22 cm), Chinês FF (71,52 cm) e Caturra (70,60 cm). Essas cultivares diferiram-se

estatisticamente daquelas que apresentaram menor porte, como Amarante Branco (63,67 cm), Cateto Roxo (63,25 cm), Crespo (64,27 cm) e Lavínia (61,05 cm).

Resultados inferiores aos observados neste estudo foram reportados por Veloso et al. (1999), no estado do Piauí, que verificaram altura média de 44,95 cm para a cultivar Branco Mossoró, sem diferença significativa em relação à Amarante (42,52 cm), enquanto Cateto Roxo apresentou 39,07 cm. Esses valores contrastam com os obtidos no presente trabalho, evidenciando influência das condições edafoclimáticas e do manejo adotado. Mota et al. (2003) também relataram maiores alturas para as cultivares Gigante Roxo (63,40 cm), Cateto Roxo (61,80 cm) e Amarante (66,80 cm), valores próximos aos encontrados para essas cultivares neste estudo, ainda que inferiores aos máximos observados em 2023.

De forma semelhante, Honorato (2012) verificou que, aos 60 dias após o plantio (DAP), a cultivar Hozan apresentou a maior altura (61,25 cm), enquanto Gravatá registrou o menor valor (44,50 cm), não se diferindo estatisticamente de Caturra (47,00 cm), Chinês Real (47,00 cm) e Cateto Roxo (44,75 cm). Esses resultados corroboram os de Silva et al. (2008), que também observaram maior altura para a cultivar Hozan, com média de 60 cm (Tabela 6). Em estudo posterior, Honorato et al. (2013) verificaram que as cultivares Amarante e Caturra se situaram no grupo de menor porte, com alturas variando entre 43,40 e 44,40 cm, sendo inferiores à cultivar Centenário, que apresentou média de 66,60 cm.

Em relação ao diâmetro do pseudocaule (DP), no ciclo de 2023, observou-se uma variação significativa entre as cultivares seminobres, o que evidencia diferentes níveis de vigor vegetativo e adaptação às condições edafoclimáticas locais (Tabela 6). As cultivares Amarante Branco (15,84 mm) e Cateto Roxo (12,90 mm) apresentaram as maiores médias ($p < 0,05$), diferenciando-se dos demais materiais. Em contrapartida, a cultivar BRS Hozan registrou o menor valor médio (6,15 mm). O DB está intrinsecamente ligado ao crescimento vegetativo, sendo modulado por fatores genéticos e nutricionais. Segundo Garcia (1994), o suprimento de nitrogênio exerce efeito linear sobre o diâmetro do pseudocaule, parâmetro este que se correlaciona com a capacidade de interceptação luminosa e acúmulo de fotoassimilados. Dessa forma, as cultivares com maiores DP demonstraram um aparato vegetativo mais robusto, refletindo positivamente no potencial de enchimento dos bulbos.

Quanto à razão bulbar (RB), a cultivar Amarante Branco apresentou o valor mais elevado (0,33), superando estatisticamente as cultivares Crespo (0,10), Chinês SJ (0,14)

e Catiguá (0,13). A razão bulbar é um indicador fisiológico do grau de maturação; conforme preconizado por Souza et al. (2023), valores inferiores a 0,5 indicam a intensificação da bulbificação, enquanto índices abaixo de 0,2 sinalizam o estágio final de maturação e o ponto ideal de colheita.

Os resultados obtidos para as cultivares do grupo "Chinês" e "Catiguá" alinham-se aos observados por Silva et al. (2019), que reportaram RB de 0,15 aos 90 dias, após o plantio (DAP), para a cultivar Roxo Pérola de Caçador. Por outro lado, o valor superior da Amarante Branco assemelha-se aos dados de Honorato (2012) para a Gigante do Núcleo (0,29), sugerindo que estas cultivares mantêm uma atividade vegetativa mais prolongada antes de atingirem a plena maturidade do bulbo.

O número de folhas senescentes (NFS) pôde ser avaliado apenas no ciclo de 2024, apresentando oscilação entre 1,32 (BRS Hozan) e 1,92 (Gigante Roxo). No ano anterior (2023), a ocorrência de neblinas contribuiu para o aumento das perdas de folhas senescentes, uma vez que favoreceu o agravamento da bacteriose e a queda prematura das folhas, comprometendo a avaliação desse parâmetro.

Quanto ao número de bulbilhos por bulbo (BB), a cultivar Lavínia apresentou o maior valor médio (34,00), divergindo-se significativamente das demais seminobres; enquanto a cultivar Gigante Roxo registrou a menor média (12,07). Tais resultados evidenciam a distinção morfológica entre os tipos de alho; enquanto o alho comum ou seminobre tende a apresentar maior número de bulbilhos (geralmente acima de 15), o alho nobre concentra a reserva em menos estruturas de propagação.

O número de bulbilhos da cultivar Lavínia ultrapassa os valores relatados por Oliveira et al. (2010), que observaram médias entre 15,25 e 16,50 para cultivares como Gravatá e Cateto Roxo. Adicionalmente, Silva et al. (2019) observaram que fatores de manejo, como o tempo de vernalização e a época de plantio, podem modular esse número, tendo encontrado médias de 7,23 para a Roxo Pérola de Caçador.

Esses resultados (Tabela 6) contrastam com as observações de Honorato et al. (2013), que relataram alta percentagem de plantas com bulbo nas cultivares Gravatá, Caturra, Cateto Roxo, Chinês de São Joaquim, Chinês Real e Amarante, entretanto, estas produziram um baixo número de bulbilhos, com média de apenas três unidades por bulbo, diferindo-se estatisticamente da cultivar Branco Mossoró, que apresentou 12 bulbilhos por bulbo. A bulbificação deficiente, com número de bulbilhos inferior ao observado em regiões de adaptação ideal, podem ser atribuídos às condições climáticas locais, especialmente temperatura e fotoperíodo, embora fatores como fertilidade do solo,

manejo de irrigação e demais práticas culturais também possam interagir, influenciando o desempenho da cultura.

O número de bulbilhos por bulbo é uma característica diretamente influenciada pela adaptabilidade da cultivar às condições climáticas do local de plantio. Para cultivares seminobres, espera-se a formação de aproximadamente 20 bulbilhos por bulbo, sendo que valores inferiores ou muito superiores podem indicar baixa adaptação.

A caracterização do número de bulbilhos é um fator determinante na classificação comercial e na eficiência de plantio, uma vez que dentes maiores são preferidos tanto para o consumo *in natura* quanto para a seleção de alho-semente.

Na Tabela 7, são apresentados os dados produtivos das cultivares seminobres. Observou-se que, no ciclo de 2022, houve diferença estatística significativa apenas para os parâmetros de Produtividade Total (PT) e Produtividade Comercial (PC). Nesse ano, a cultivar Amaranite Branco destacou-se com desempenhos superiores de PC (21,7 t ha⁻¹) e PT (22,36 t ha⁻¹), quando comparada à cultivar Cateto Roxo, que alcançou 12,2 t ha⁻¹ e 12,34 t ha⁻¹, respectivamente.

Diferentemente do primeiro ano, nos cultivos conduzidos em 2023 e 2024, verificaram-se diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre as cultivares para todos os parâmetros avaliados. Em 2023, a maior Produtividade Total foi observada na cultivar Mexicano (18,97 t ha⁻¹), seguida pelas cultivares Catiguá (18,41 t ha⁻¹), Chinês FF (16,49 t ha⁻¹), Gigante Roxo (15,4 t ha⁻¹), Chinês FL (14,91 t ha⁻¹), Lavínia (14,82 t ha⁻¹) e Chinês SJ (14,7 t ha⁻¹).

Quanto à Produtividade Comercial em 2023, os maiores valores foram registrados novamente pelas cultivares: Mexicano (18,97 t ha⁻¹), Catiguá (18,38 t ha⁻¹) e Chinês FF (16,37 t ha⁻¹). Em contrapartida, as menores produtividades comerciais deste ciclo foram obtidas pelas cultivares BRS Hozan (9,26 t ha⁻¹) e Crespo (5,53 t ha⁻¹).

Para o ciclo de 2024, a cultivar Mexicano manteve-se em destaque, alcançando as maiores médias, tanto para PT quanto para PC (16,27 t ha⁻¹). No extremo oposto, a Amaranite Branco e a Lavínia apresentaram os menores valores de Produtividade Total, com 8,22 e 9,02 t ha⁻¹, respectivamente. A menor produtividade comercial do ano de 2024 foi registrada pela cultivar Amaranite Branco (8,22 t ha⁻¹), consolidando a variabilidade produtiva entre os materiais e os anos de cultivo (Tabela 7).

Tabela 7. Diâmetro de bulbo (DB), peso de bulbo (PB), produção comercial (PC) e produção total (PT) de cultivares de alho seminobre em região de altitude da Bahia (2022–2024)

Variáveis	DB (mm)	PB (g)	PC (t ha ⁻¹)	PT (t ha ⁻¹)
ANO 2022				
Amarante branco	46,17 ^{NS}	33,1 ^{NS}	21,70 a	22,36 a
Cateto roxo	47,14	41,53	12,22 b	12,34 b
ANO 2023				
Amarante branco	45,63 b	32,24 b	7,28 b	7,44 b
Cateto roxo	46,16 b	36,18 b	12,85 a	12,95 a
Gigante roxo	51,44 a	49,47 a	15,34 a	15,4 a
Lavinia	50,57 a	31,81 b	14,80 a	14,82 a
Crespo	46,44 b	31,83 b	5,53 b	5,57 b
Mexicano	52,11 a	49,47 a	18,97 a	18,97 a
Chinês FL	48,23 b	40,11 a	14,89 a	14,91 a
BRS Hozan	40,79 b	25,84 b	9,20 b	9,46 b
Chinês SJ	51,82 a	45,03 a	14,67 a	14,67 a
Chinês PR	47,87 b	39,33 a	13,19 a	13,21 a
Chinês FF	50,41 a	45,63 a	16,37 a	16,49 a
Catiguá	53,57 a	52,55 a	18,38 a	18,41 a
Caturra	47,97 b	41,58 a	13,19 a	13,72 a
ANO 2024				
Amarante branco	34,54 b	20,33 b	8,22 b	8,22 b
Cateto roxo	43,7 a	27,05 b	10,45 b	10,70 b
Gigante roxo	51,29 a	38,5 a	14,87 a	14,87 a
Lavinia	42,11 b	23,08 b	9,02 b	9,02 b
Crespo	45,00 a	31,33 b	12,52 a	12,52 a
Mexicano	50,64 a	41,44 a	16,27 a	16,27 a
Chinês FL	39,58 b	28,69 b	11,45 b	11,45 b
BRS Hozan	39,5 b	24,44 b	9,62 b	9,62 b
Chinês SJ	48,66 a	33,81 a	13,57 a	13,57 a
Chinês PR	47,29 a	37,3 a	14,6 a	14,6 a
Chinês FF	47,6 a	36,06 a	14,42 a	14,97 a
Catiguá	46,11 a	35,87 a	13,87 a	14,92 a
Caturra	44,84 a	30,35 b	11,6 b	12,57 a

*Médias seguidas das mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade. ^{NS} = Não significativo

Os resultados produtivos obtidos neste estudo superam significativamente as médias relatadas na literatura para cultivares seminobres em diversas regiões produtoras do Brasil. Enquanto a produtividade comercial da cultivar Mexicano atingiu 18,97 t ha⁻¹

em 2023, Veloso et al. (1999), no Piauí, encontraram para o mesmo material valores de apenas 2,55 t ha⁻¹, identificando a cultivar Mossoró (4,63 t ha⁻¹) como a mais promissora para aquela região.

Essa superioridade também foi evidenciada ao comparar os dados deste estudo com os de Resende et al. (2014). Em Brasília-DF, os autores observaram produções máximas de 5,04 t ha⁻¹ para Chinês Real e Caturra. Já no Rio de Janeiro, embora tenham registrado variações conforme o local, de baixas produtividades em Seropédica (2,47 t ha⁻¹) a patamares mais elevados em Avelar (11,28 t ha⁻¹), as médias ainda se mantiveram abaixo das alcançadas neste experimento, com destaque para Gigante Roxão e Chinês Real.

O vigor produtivo em Vitória da Conquista torna-se ainda mais nítido frente aos dados de Biesdorf (2015) e Honorato (2012). O primeiro autor relatou produções médias de 2,58 t ha⁻¹ para um grupo que incluía Caturra e Hozan, enquanto Amarante e Gigante Roxo apresentaram menor adaptação (1,75 t ha⁻¹). Honorato (2012), por sua vez, registrou produtividades totais ainda mais modestas, com médias de 1,75 t ha⁻¹ para o grupo composto por Caturra, Chinês SJ e Cateto Roxo; e apenas 0,54 t ha⁻¹ para Gigante Roxo e Hozan. Em contraste, no presente trabalho, a cultivar Gigante Roxo atingiu 15,4 t ha⁻¹, evidenciando adaptação às condições locais.

Ao serem analisados os estudos conduzidos no Nordeste com a cultura do alho, observa-se que os patamares aqui alcançados estabelecem novos referenciais. Oliveira et al. (2010) obtiveram para a cultivar Gigante Lavínia uma produtividade de 12,61 t ha⁻¹, valor que se aproxima dos resultados deste trabalho, mas que ainda é inferior aos picos de produção de 2023. Historicamente, na Bahia, Silva (1983) obteve médias para cultivares como Dourado (9,58 t ha⁻¹), Chinês (5,22 t ha⁻¹) e Amarante (4,97 t ha⁻¹), valores que, na época, representavam o teto produtivo regional.

A disparidade entre os resultados deste ciclo e os registros de autores, como Veloso et al. (1999) e Biesdorf (2015), reforçam que as condições edafoclimáticas de altitude da região avaliada, aliadas ao manejo adotado, permitiram que as cultivares seminobres expressassem um potencial produtivo muito próximo e, por vezes, superior ao do alho nobre comercializado no país. Tais dados corroboram a tese de que materiais como Mexicano, Catiguá e as linhagens de Chinês possuem alta plasticidade fenotípica, respondendo com produtividades de alta escala, quando submetidos a condições favoráveis de cultivo.

As variáveis de tamanho e massa de bulbo refletem o acúmulo final de fotoassimilados e são determinantes para a classificação comercial da cultura. No ciclo de 2023, a cultivar Catiguá apresentou o maior diâmetro de bulbo (53,57 mm), enquanto o menor valor foi registrado para a BRS Hozan (40,79 mm) (Tabela 7). Em 2024, a cultivar Mexicano destacou-se com o maior DB (50,64 mm), diferindo-se estatisticamente ($p < 0,05$) da Amarante Branco, que apresentou o menor diâmetro entre as seminobres avaliadas (34,54 mm).

Ao comparar esses resultados com a literatura, observa-se que as médias obtidas neste estudo superam significativamente os registros prévios. Oliveira et al. (2010) observaram diâmetros máximos de apenas 39,75 mm para Gigante Lavínia, valor inferior à menor média de 2023, obtida neste ensaio. Da mesma forma, Honorato et al. (2012) e Lucena et al. (2016) relataram diâmetros que variaram entre 25,92 mm e 36,29 mm para cultivares como Caturra e BRS Hozan, reforçando que as condições de cultivo deste experimento favoreceram a produção de bulbos de maior calibre.

Essa superioridade em tamanho refletiu-se diretamente no Peso Médio de Bulbo (PB). No ciclo de 2023, a cultivar Catiguá (52,55 g) apresentou o maior PB, sendo significativamente superior à BRS Hozan (25,84 g). Já em 2024, a cultivar Mexicano (41,44 g) se destacou estatisticamente frente às cultivares BRS Hozan (24,44 g), Lavínia (23,08 g) e Amarante Branco (20,33 g).

O peso médio alcançado pela cultivar Mexicano, neste estudo, é quase o dobro do verificado por Oliveira et al. (2010), que encontraram valores máximos de 25,22 g para a Gigante Lavínia. Além disso, os dados de Biesdorf et al. (2015) e Oliveira et al. (2003) situam as cultivares Chinês Real, Caturra e Hozan em patamares intermediários e baixos (entre 15,3 g e 24,2 g).

Como ressaltado pelos autores citados, essa ampla divergência de respostas entre as cultivares está intrinsecamente ligada às condições ambientais de cada região de cultivo. O fato de materiais como Catiguá e Mexicano terem ultrapassado a marca de 50 mm e 50 g sugere que a região de altitude de Vitória da Conquista oferece condições térmicas e de fotoperíodo ideais para a plena bulbificação das seminobres, permitindo que alcancem classes comerciais superiores às registradas em outras localidades brasileiras.

A análise da distribuição percentual de bulbos por classes de calibre revelou variações importantes entre as cultivares no ciclo de 2022 (Figura 7). Observou-se diferença estatística significativa ($p < 0,05$) especificamente para as classes 6 e 8.

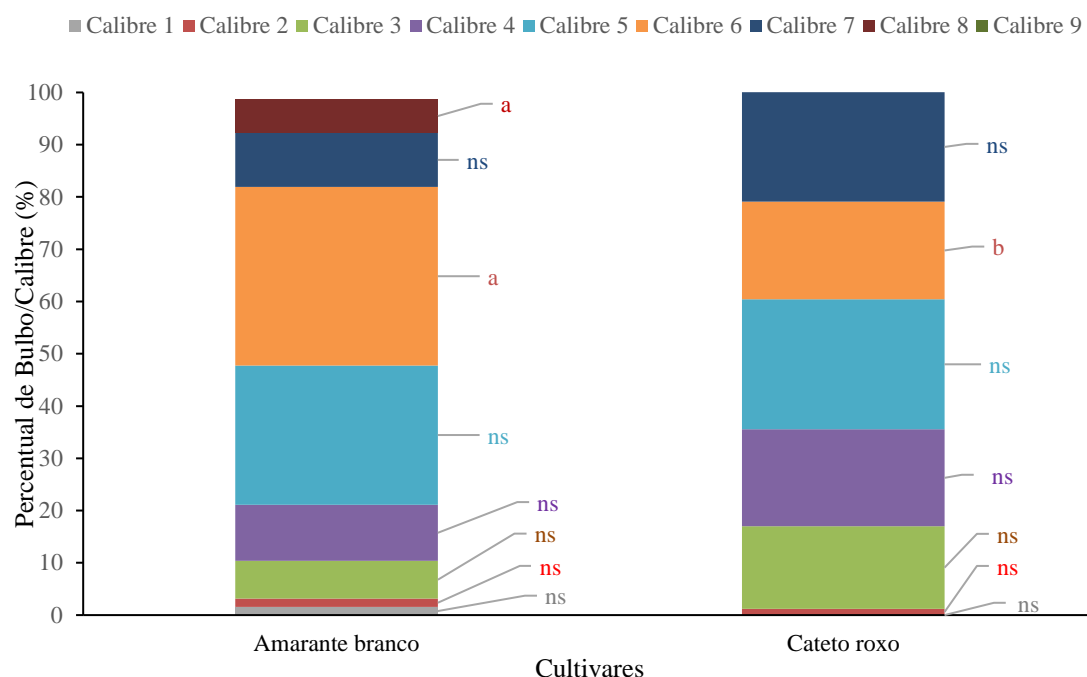


Figura 7. Percentual de bulbos de alho seminobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2022. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma categoria (cor), não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade.

A cultivar Amarante Branco destacou-se com a maior participação nessas categorias, registrando 34,1% e 6,04%, respectivamente, enquanto a Cateto Roxo apresentou proporções menores, com 18,7% no calibre 6 e ausência de significância superior no calibre 8.

Em contrapartida, para os calibres 4 e 7, a cultivar Cateto Roxo exibiu um percentual superior (18,6% e 21%, respectivamente), quando comparada à Amarante Branco (10,8% e 10,4%). Para os demais calibres avaliados, não foram verificadas diferenças estatísticas entre as cultivares (Figura 7).

A cultivar Amarante Branco concentrou a maior parte de sua produção em calibres de maior valor comercial, com predominância nas classes 6 (34,1%), 5 (26,7%) e 7 (10,4%). Os calibres intermediários 4 (12,32%) e 3 (7,65%) tiveram representatividade reduzida, ao passo que as classes extremas (1, 2, 8 e 9) ocorreram em proporções marginais.

Já na cultivar Cateto Roxo, a produção distribuiu-se de forma mais pulverizada entre as classes 7 (21%), 6 (18,7%) e 5 (24,9%). Nota-se que este material apresentou

uma participação mais expressiva em calibres menores, como o 4 (18,6%) e o 3 (15,8%), sugerindo uma tendência a bulbos de calibre intermediário em comparação à Amarante Branco. As classes 1, 2, 8 e 9 também representaram frações mínimas do total produzido.

Essa distribuição é um importante indicador da adaptação das cultivares, pois a concentração em calibres superiores (5 a 7) não apenas eleva o valor comercial da safra, mas também atesta a eficiência do manejo e das condições climáticas de 2022 em promover o pleno enchimento dos bulbos.

Para o ciclo de 2023, a análise da classificação comercial mostrou elevada qualidade dos bulbos, embora a distribuição percentual entre as classes, de maneira geral, não tenha apresentado variações estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre a maioria das cultivares. No entanto, o calibre 7 destacou-se apresentando superioridade estatística nas cultivares: Chinês SJ (31,7%), Mexicano (29%), Lavínia (25,4%), Gigante Roxo (25,2%) e Catiguá (21%), enquanto a BRS Hozan registrou a menor proporção de bulbos nesta categoria (Figura 8).

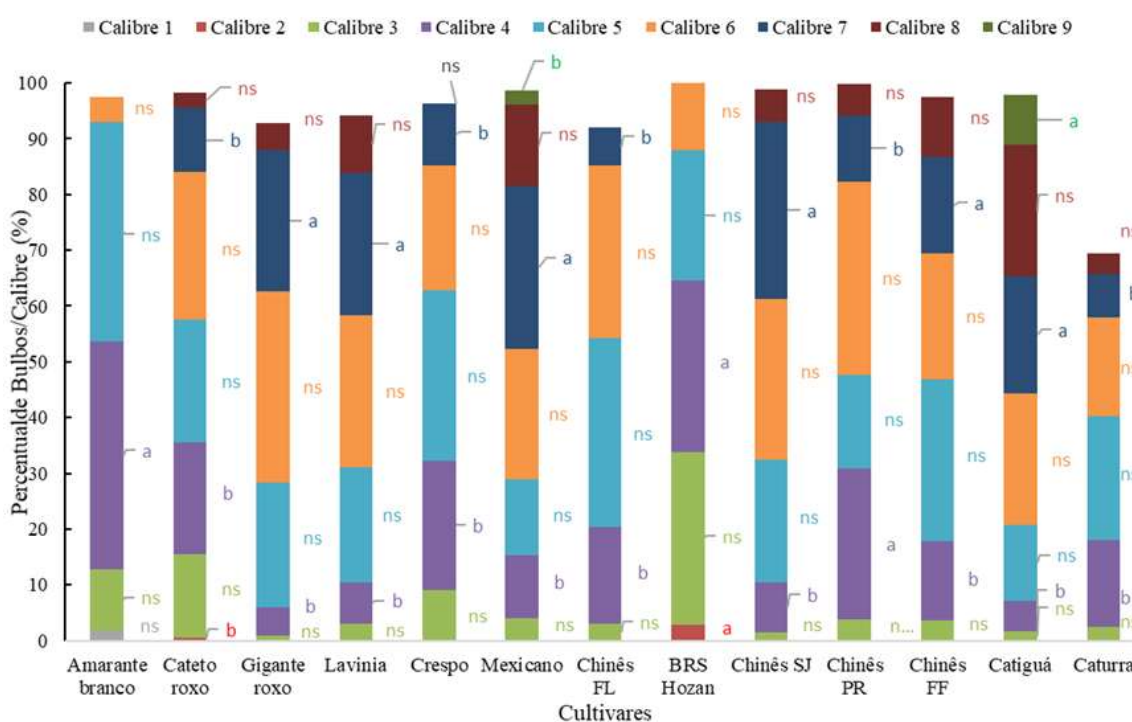


Figura 8. Percentual de bulbos de alho seminobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2023. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma categoria (cor), não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade.

Observou-se que a cultivar Catiguá exibiu o desempenho mais expressivo em termos de calibre, com 68,2% da sua produção concentrada nas classes superiores 8

(23,6%), 7 (21%) e 6 (23,6%). Com comportamento semelhante, as cultivares Gigante Roxo e Lavínia consolidaram a maior parte de seus bulbos nos calibres 5, 6 e 7, totalizando 81,8% e 73,3% da produção, respectivamente, tendência também verificada para Mexicano, Chinês SJ e Chinês FF, cujas participações somadas nessas classes representaram 66,2%, 82,7% e 68,9% do total produzido.

Em um patamar intermediário de classificação, as cultivares Cateto Roxo, Crespo, Chinês FL, Chinês PR e Caturra concentraram o volume de safra predominantemente nos calibres 4, 5 e 6, com representatividades acumuladas variando de 55,5% a 82%. Por outro lado, a cultivar Amarante Branco teve sua produção alicerçada nos calibres 4 (41%) e 5 (39,3%), que juntos totalizaram 80,3% da produção, enquanto a BRS Hozan apresentou o perfil de menor calibre do experimento, com predominância nas classes 5 (23,5%), 4 (30,8%) e 3 (30,9%).

Essa distribuição por calibres, em 2023, reforça a viabilidade técnica das seminobres na região de altitude, uma vez que a maioria dos materiais conseguiu converter o vigor vegetativo em classes comerciais competitivas, com destaque para a inserção de bulbos de calibre 8 na cultivar Catiguá (Figura 8).

Para o ciclo de 2024 (Figura 9), a distribuição dos bulbos por classes de calibre revelou uma estratificação bem definida entre as cultivares, com variações significativas que permitem identificar o potencial de comercialização de cada material. A cultivar Amarante Branco destacou-se por apresentar uma proporção significativamente superior nas classes de menor calibre, detendo a maior participação no calibre 2 (15,01%) em comparação às demais seminobres.

Essa tendência de bulbos de menor porte, em 2024, também foi observada no calibre 3, quando as cultivares Amarante Branco (36,7%), Chinês FL (33,7%), Lavínia (29,3%) e BRS Hozan (29,0%) apresentaram valores estatisticamente superiores a materiais como Gigante Roxo (5,1%), Chinês SJ (3,6%), Chinês PR (6,2%) e Chinês FF (6,2%). No calibre 4, a cultivar Lavínia consolidou sua participação com 35,8%, valor significativamente superior aos registrados por Gigante Roxo (8,2%), Mexicano (10,9%), Chinês SJ (10,6%), Chinês PR (11,0%) e Catiguá (9,2%), indicando um perfil de produção concentrado em classes intermediárias e pequenas para este material no referido ano.

Em contrapartida, o vigor produtivo voltado para classes comerciais de maior valor foi evidenciado no calibre 6. Neste parâmetro, as cultivares mexicano (37,5%), Chinês FF (33,4%) e Chinês PR (31,6%) foram significativamente superiores à Amarante

Branco (6,5%) e Chinês FL (3,4%) (Figura 12). Esses resultados demonstram que, mesmo diante das variações anuais, materiais como Mexicano e as linhagens de Chinês (FF e PR) mantiveram a capacidade de produzir bulbos de maior calibre, reforçando sua superioridade morfológica e adaptativa em relação ao tamanho de bulbo, quando comparados à Amaranthe Branco no terceiro ciclo de cultivo (Figura 9).

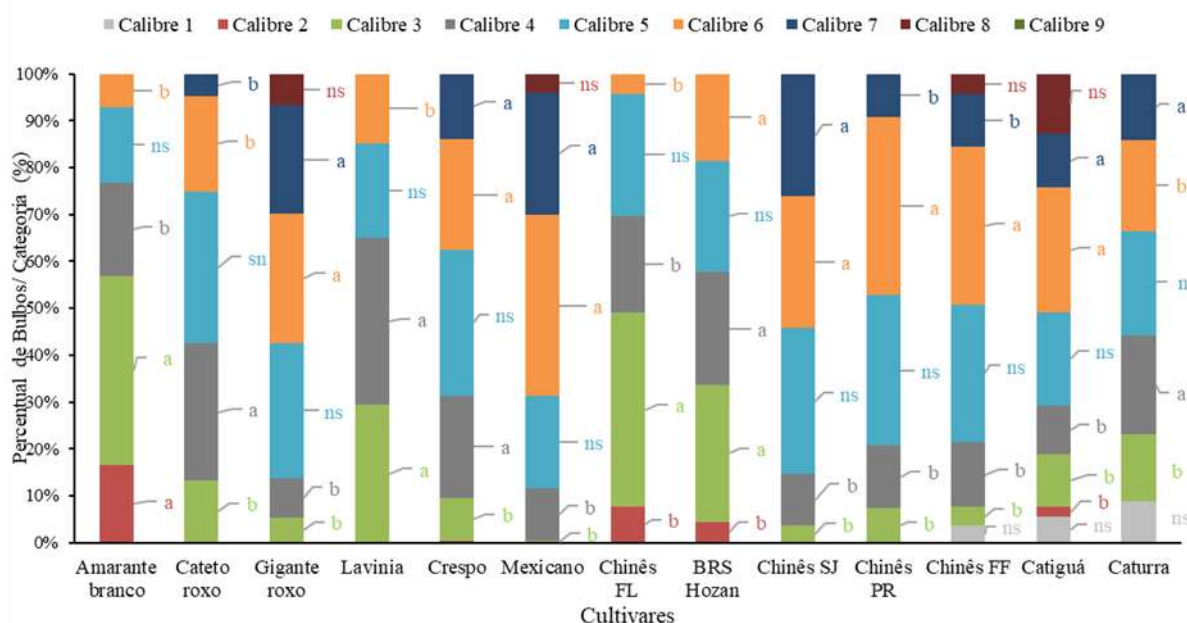


Figura 9. Percentual de bulbos de alho seminobre por calibre comercial em região de altitude da Bahia. UESB, Vitória da Conquista, BA, 2024. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma categoria (cor), não diferem entre si pelo teste de SKOTT-KNOTT a 5% de probabilidade.

4.3 Análise de Correlação entre Características Vegetativas e Produtivas em Alho nobre x Variáveis Climáticas

A análise de correlação evidenciou forte associação entre as variáveis climáticas e as características vegetativas das cultivares nobres de alho (Figura 10). A emergência (E) apresentou correlação positiva com a temperatura máxima ($r=0,49$) e com a amplitude térmica ($r = 0,49$), enquanto manifestou correlação negativa com a temperatura mínima ($r=-0,49$). Esses índices sugerem que o processo de emergência e estabelecimento inicial das plântulas foi favorecido pelo aquecimento diurno em detrimento de noites excessivamente frias, as quais podem retardar o metabolismo inicial da cultura.

Essa sensibilidade térmica é intrínseca à fisiologia da cultura, que exige condições específicas para cada fase do ciclo. Para um desenvolvimento vegetativo vigoroso e alta

produtividade, a cultura demanda temperaturas amenas, entre 18 °C e 20 °C, na fase inicial. Posteriormente, o período de bulbificação é otimizado sob temperaturas mais baixas (10 °C a 15 °C), as quais estimulam a diferenciação das gemas, enquanto a fase de maturação requer temperaturas mais elevadas (20 °C a 25 °C) para a translocação de fotoassimilados e secagem dos bulbos. Fatores ambientais como temperatura e solo têm influência significativa na adaptabilidade, produtividade e biossíntese de compostos no alho (El-Saadony et al., 2024).

Assim, as correlações positivas observadas entre a amplitude térmica e o vigor vegetativo ($r=0,71$ para altura e $r=0,69$ para pseudocaule) indicam que a oscilação térmica típica de Vitória da Conquista permitiu que a cultura se desenvolvesse dentro de suas exigências. O aquecimento diurno impulsionou a taxa fotossintética, enquanto as temperaturas mínimas, embora negativamente correlacionadas à emergência rápida, podem ter favorecido o acúmulo de reservas ao reduzir a respiração noturna.

Em contrapartida, a temperatura mínima e a precipitação correlacionaram-se negativamente com o crescimento em altura ($r=-0,71$ e $-0,45$) e com o diâmetro do pseudocaule ($r = -0,69$ para ambos). Tais resultados indicam que o alongamento celular e o acúmulo de reservas são otimizados sob maior radiação e amplitude, ao passo que o excesso de umidade ou noites frias podem limitar o desenvolvimento.

Embora o DP tenha apresentado correlação com o vigor vegetativo, Santos et al. (2022) advertem que essa variável pode apresentar efeito direto reduzido ou até negativo sobre a produtividade comercial, sugerindo que o pseudocaule não deve ser o critério isolado de seleção, quando o foco é o rendimento comercial.

A razão bulbar (RB) também foi modulada pelo clima, com correlação positiva com a temperatura máxima ($r=0,54$) e amplitude térmica ($r = 0,54$), e negativa com a temperatura mínima e precipitação ($r = -0,54$ para ambas). Fisiologicamente, isso demonstra que o ciclo da planta e, conseqüentemente a bulbificação, é acelerada pela elevação das temperaturas diurnas, enquanto a alta pluviosidade e as temperaturas mínimas tendem a manter a planta em estágio vegetativo, retardando a fase reprodutiva e alongando o ciclo da planta.

Já o número de folhas senescentes (FFS) exibiu correlações positivas e muito fortes com a temperatura máxima, amplitude e precipitação ($r = 0,85$ para todas); e negativa com a temperatura mínima ($r = -0,85$). Esses resultados podem estar associados a condições de elevada umidade relativa e pluviosidade durante o cultivo. O excesso de umidade no dossel vegetativo cria um microclima favorável à incidência e severidade de

doenças foliares de etiologia fúngica e bacteriana, as quais aceleram a necrose dos tecidos e a consequente perda prematura de folhas. Adicionalmente, o avanço do ciclo fenológico naturalmente induz a senescência; contudo, quando exacerbada por estresses bióticos e abióticos, como o calor excessivo, ocorre uma antecipação da degradação da clorofila e colapso celular.

Fisiologicamente, o aumento expressivo do FFS é prejudicial, pois implica na redução direta do número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA). Essa perda de área foliar útil compromete a capacidade de interceptação de radiação e a síntese de fotoassimilados, resultando em uma menor taxa de translocação de reservas para o bulbo. Estudos anteriores indicaram que o número de folhas por planta é um indicador-chave do vigor da planta e do estágio de desenvolvimento (Liu, et al., 2020).

Portanto, a forte correlação positiva entre a precipitação e a senescência sugere que o excesso de chuvas em determinados períodos do ciclo atuou como um fator limitante, promovendo o descarte foliar antecipado e, potencialmente, restringindo o teto produtivo das cultivares.

Quanto ao número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA), correlacionou-se negativamente com a precipitação ($r = -0,42$) e com o FFS ($r = -0,56$), sugerindo que o excesso de umidade não apenas favoreceu o descarte foliar prematuro por pressões fitossanitárias, mas também comprometeu a área foliar disponível para a interceptação de radiação solar. Como o número de folhas ativas é o principal determinante da fonte de drenos, a sua redução antecipada limita a síntese de carboidratos, resultando em uma menor partição de matéria seca para o desenvolvimento do bulbo. Desse modo, a correlação inversa entre FFA e precipitação evidencia que condições de alta umidade atuam como um fator de estresse abiótico, encurtando o período de enchimento de bulbos e impactando negativamente a massa final e o vigor das cultivares avaliadas.

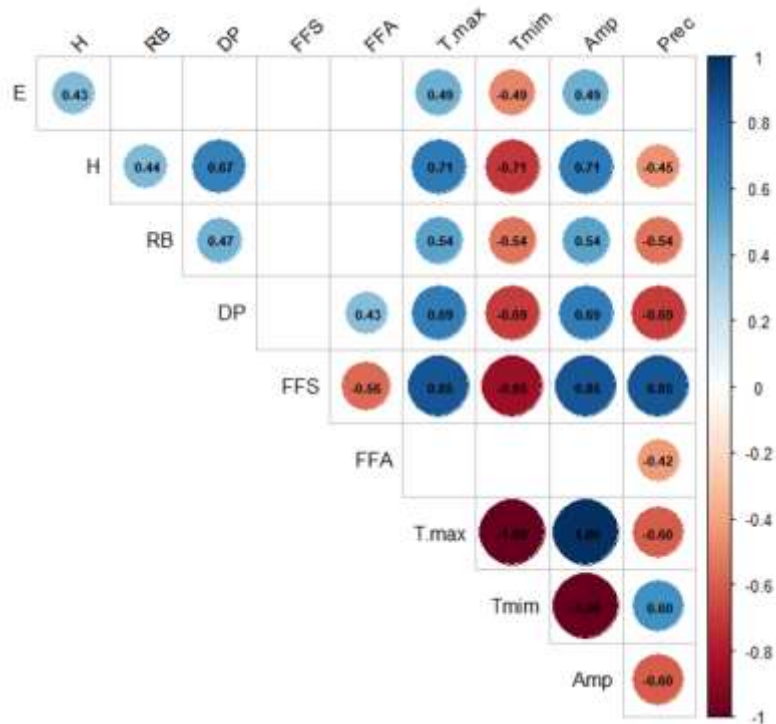


Figura 10. Matriz de correlação de Pearson entre caracteres vegetativas e variáveis climáticas em cultivares de alho nobre (*Allium sativum* L.) cultivadas em Vitória da Conquista, Bahia, nos ciclos de 2022, 2023 e 2024. As variáveis analisadas incluem: E – emergência (%); H – altura de plantas (cm); RB – razão bulbar; DP – diâmetro do pseudocaule; FFA – número de folhas fotossinteticamente ativas; FFS – número de folhas senescentes. As variáveis climáticas compreendem: T. máx – temperatura máxima (°C); T. mín – temperatura mínima (°C); Amp – amplitude térmica (°C); e Prec – precipitação acumulada (mm). A escala de cores indica a intensidade e o sentido da correlação (r), variando de 1 (azul: correlação positiva perfeita) a -1 (vermelho: correlação negativa).

A análise das correlações mostra que a produtividade de bulbos é o resultado de um conjunto de componentes inter-relacionados. Esse comportamento é corroborado por Bekis et al. (2020), que demonstraram que o rendimento por planta apresenta associações positivas e significativas com o comprimento do pseudocaule, a largura da folha e o diâmetro do bulbo, tanto em nível fenotípico quanto genotípico. Tais evidências sustentam os resultados obtidos no presente estudo, indicando que o incremento no aparato vegetativo atua no potencial produtivo.

Nesse contexto, as características vegetativas mostram-se indicadores confiáveis para a seleção indireta de cultivares mais produtivos. A influência positiva do diâmetro do pseudocaule e do número de folhas na produção de bulbos, observada neste ensaio, concorda com o relatado por Singh et al. (2013), que afirmaram a existência de uma associação significativa entre o desenvolvimento do pseudocaule e o rendimento final.

Além disso, a estreita relação entre o diâmetro do bulbo e a produtividade por planta ratifica os achados de Sandhu et al. (2016), consolidando a premissa de que o aumento na produtividade é atribuído principalmente ao desenvolvimento sinérgico das estruturas vegetativas e de reserva. Assim, a robustez morfológica, apresentada pelas cultivares avaliadas, sugere uma adaptação eficiente às condições de altitude, nas quais o vigor foliar e a estrutura do pseudocaule serviram como base para a expressão de bulbos com calibres comercialmente superiores.

De forma complementar às análises vegetativas, a matriz de correlação evidenciou interações robustas entre os componentes de rendimento, a classificação comercial e as variáveis climáticas (Figura 11). O peso médio do bulbo (PB) e o diâmetro do bulbo (DB) apresentaram correlações positivas e significativas com a produtividade comercial (PC) e total (PT), bem como com os calibres de maior valor de mercado (C5, C6 e C7). Notavelmente, essas variáveis de biomassa foram favorecidas pela temperatura mínima e pela precipitação, enquanto apresentaram correlação negativa com a amplitude térmica.

Esses resultados indicam que, embora o alho necessite de frio para a diferenciação e bulbificação, a manutenção de temperaturas inferiores e a disponibilidade hídrica sem excessos, durante a fase de enchimento de bulbos, foram determinantes para o alcance de calibres superiores. Em contrapartida, a amplitude térmica elevada correlacionou-se negativamente com o PB e o DB, sugerindo que oscilações térmicas muito bruscas podem ter limitado a expansão radial dos tecidos dos bulbos, favorecendo, em vez disso, o aumento do número de bulbilhos por bulbo (NBB), que apresentou correlação positiva com a amplitude e negativa com a temperatura mínima e precipitação.

Os resultados deste estudo, ao apontarem o diâmetro do bulbo (DB) e o peso do bulbo (PB) como determinantes da produtividade, corroboram as observações de Santos et al. (2022). Os autores relataram que a alta correlação entre o rendimento comercial e o número de bulbos comerciais é explicada pelo expressivo efeito direto dessa variável e pelo efeito indireto do diâmetro do bulbo. Assim, o diâmetro do bulbo é o componente que mais contribui indiretamente para as correlações entre as demais características e a produtividade comercial.

Quanto à constituição interna do bulbo, a resposta observada neste trabalho difere-se da relatada por Andrade Júnior et al. (2019). Enquanto os referidos autores concluíram que o número de bulbilhos por bulbo (NBB) exerceu efeitos indiretos significativos sobre o rendimento comercial, em nossas condições, o calibre (DB) e a massa (PB) foram os fatores de maior impacto.

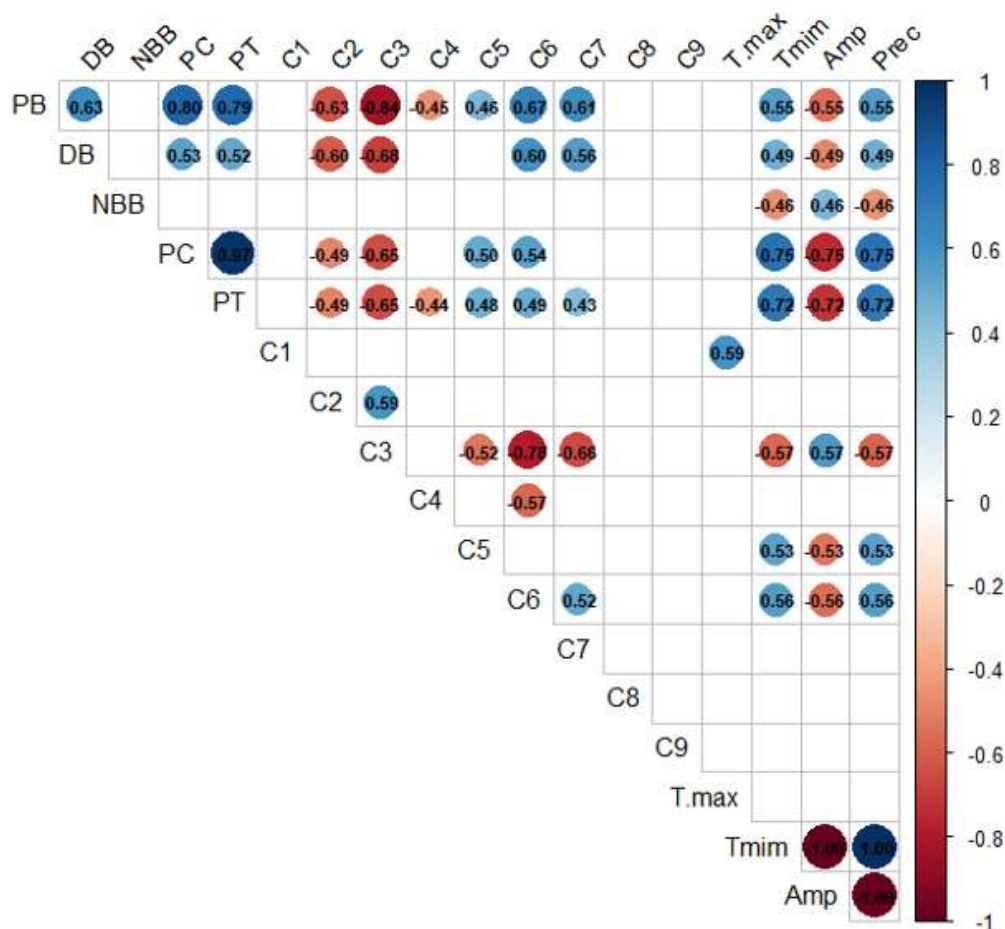


Figura 11. Matriz de correlação de Pearson entre características produtivas e variáveis climáticas em cultivares de alho nobre (*Allium sativum* L.) cultivadas em Vitória da Conquista, Bahia, nos ciclos de 2022, 2023 e 2024. Variáveis produtivas: DB – diâmetro do bulbo (mm); PB – peso do bulbo (g); PC – produtividade comercial (t ha⁻¹); PT – produtividade total (t ha⁻¹), NBB – número de bulbilhos por bulbo; C1 a C9 – calibres dos bulbos. Variáveis climáticas: T. máx – temperatura máxima (°C); T. mín – temperatura mínima (°C); Amp – amplitude térmica (°C); e Prec – precipitação (mm). A escala de cores indica a intensidade e o sentido da correlação (r), com tons azuis representando valores positivos e tons vermelhos representando valores negativos.

Quanto à classificação comercial, os resultados demonstram uma estratificação induzida pelo ambiente. Os calibres superiores (C5, C6 e C7) apresentaram correlação positiva entre si e com as variáveis temperatura mínima e precipitação. As classes comerciais de maior diâmetro (C6 e C7) correlacionaram-se positivamente com o PB (0,67 e 0,61, respectivamente), a PC (0,50 e 0,54) e a PT (0,48 e 0,45), indicando que a maior proporção de bulbos de maior calibre contribui diretamente para o incremento da produtividade e do valor comercial. O calibre 6, especificamente, mostrou-se um

excelente indicador de desempenho, correlacionando-se positivamente com o C7 e com as condições de maior umidade e temperaturas mínimas elevadas, enquanto sua correlação foi inversa com a amplitude térmica.

Por outro lado, os calibres de menor valor comercial (C2, C3 e C4) exibiram um comportamento oposto, com correlações negativas em relação à PC, PT e às variáveis climáticas de umidade. O calibre 3, por exemplo, apresentou correlação negativa com os calibres C5, C6 e C7, bem como com a temperatura mínima e precipitação, mas correlacionou-se positivamente com a amplitude térmica. Além disso, o calibre 1 foi a única categoria a apresentar correlação positiva com a temperatura máxima, o que reforça que o estresse térmico diurno excessivo tende a restringir o crescimento do bulbo, resultando em produções de calibre não comercial.

4.4 Análise de Correlação entre Características Vegetativas e Produtivas em Alho Seminobre x Variáveis Climáticas

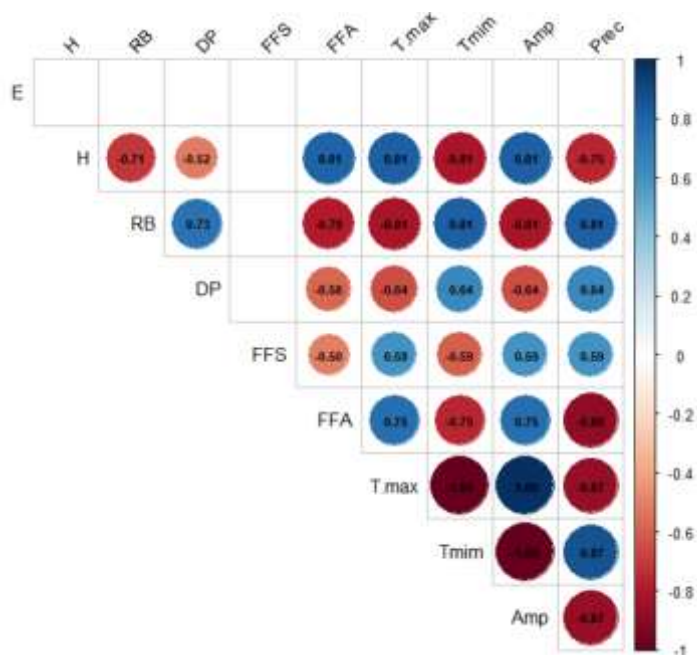


Figura 12. Matriz de correlação de Pearson entre características vegetativas e variáveis climáticas em cultivares de alho seminobre (*Allium sativum* L.) cultivadas em região de altitude (Vitória da Conquista, BA), nos ciclos de 2022, 2023 e 2024. Legenda: E – emergência (%); H – altura de plantas (cm); RB – razão bulbar; DP – Diâmetro de pseudocaule; FFA – número de folhas fotossinteticamente ativas; FFS – número de folhas senescentes; T. máx – temperatura máxima (°C); T. mín – temperatura mínima (°C); Amp – amplitude térmica (°C); e Prec – precipitação (mm). A escala de cores indica a

intensidade e o sentido da correlação (r), sendo valores positivos representados em tons azuis e negativos em tons vermelhos.

No que se refere às características vegetativas, a altura de plantas (H) apresentou correlação negativa com razão bulbar (RB) ($-0,71$) e com o diâmetro do pseudocaule (DP) ($-0,52$), indicando que plantas mais altas nem sempre resultam em maior desempenho produtivo. Em contrapartida, a altura apresentou correlação positiva forte com o número de folhas senescentes (FFS) ($0,81$) e com o número de folhas fotossinteticamente ativas (FFA) ($0,81$), sugerindo que condições favoráveis ao crescimento inicial estimulam o acúmulo de biomassa vegetativa, ainda que isso nem sempre se traduza em maior rendimento final.

A razão bulbar (RB) correlacionou-se positivamente com o diâmetro do pseudocaule (DP) ($0,73$), evidenciando que plantas com maior robustez estrutural tendem a apresentar maior capacidade produtiva. No entanto, observou-se correlação negativa entre RB e FFA ($-0,81$), indicando que o prolongamento das fases vegetativas pode comprometer o direcionamento de assimilados para a formação dos bulbos. Além disso, RB apresentou correlação positiva com a temperatura mínima (Tmin) ($0,81$) e com a precipitação (Prec) ($0,81$), enquanto a amplitude térmica (Amp) apresentou correlação negativa forte ($-0,81$), sugerindo maior rendimento em ambientes com menor variação térmica diária e maior estabilidade hídrica.

O diâmetro do pseudocaule (DP), por sua vez, apresentou correlação negativa com a temperatura máxima (Tmax) ($-0,64$) e com FFA ($-0,58$), e correlação positiva com Tmin ($0,64$) e Prec ($0,64$). Observou-se ainda correlação negativa entre DP e Amp ($-0,64$), reforçando a influência desfavorável de grandes variações térmicas sobre o desenvolvimento das plantas, fator diretamente relacionado ao rendimento.

As fases fenológicas vegetativas também apresentaram respostas diferenciadas às variáveis climáticas. O número de folhas senescentes (FFS) apresentou correlação positiva moderada com Tmax ($0,59$), Amp ($0,59$) e Prec ($0,59$); e correlação negativa com Tmin ($-0,59$), indicando que temperaturas mais elevadas, maior variação térmica e maior disponibilidade hídrica favorecem a duração dessa fase. Tendência semelhante foi observada para FFA, que apresentou correlação positiva com Tmax ($0,75$) e Amp ($0,75$), e correlação negativa com Tmin ($-0,75$) e, de forma mais acentuada, com Prec ($-0,89$), sugerindo elevada sensibilidade dessa fase às condições hídricas (Figura 15).

Entre as variáveis climáticas, observou-se correlação negativa perfeita entre Tmax e Tmin (-1,00) e correlação positiva perfeita entre Tmax e Amp (1,00), evidenciando que o aumento da temperatura máxima está diretamente associado ao incremento da amplitude térmica diária. A precipitação, por sua vez, apresentou correlação negativa forte com Tmax (-0,87) e Amp (-0,87), e correlação positiva com Tmin (0,87) (Figura 12).

A análise de correlação revelou associações consistentes entre as características produtivas e as variáveis climáticas avaliadas nos cultivares de alho seminobres (Figura 13). Inicialmente, observou-se forte correlação positiva entre o peso de bulbo (PB) e o diâmetro de bulbo (DB) ($r = 0,91$), bem como com o número de bulbilhos por bulbo (NBB) ($r = 0,34$), indicando que o incremento no tamanho do bulbo está diretamente associado ao aumento da produção comercial (PC). Nesse sentido, correlações positivas também foram verificadas entre PB e PC ($r = 0,71$) e entre PB e a produtividade total (PT) ($r = 0,70$), o que reforça que características relacionadas ao tamanho e à massa dos bulbos exercem papel determinante no desempenho produtivo.

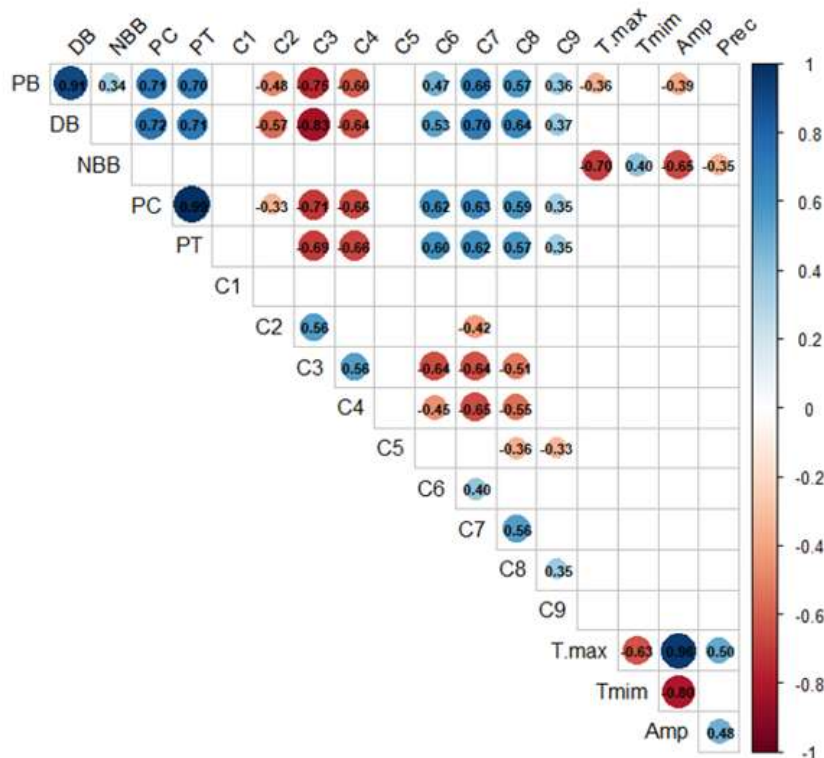


Figura 13. Matriz de correlação de Pearson entre características produtivas e variáveis climáticas em cultivares de alho seminobre (*Allium sativum* L.) cultivadas em região de altitude (Vitória da Conquista, BA), nos ciclos de 2022, 2023 e 2024. Legenda: RB – razão bulbar; DB – diâmetro do bulbo (mm); PB – peso do bulbo (g); PC – produtividade comercial (t ha⁻¹); PT – produtividade total (t ha⁻¹); T. máx – temperatura máxima (°C);

T. mín – temperatura mínima (°C); Amp – amplitude térmica (°C); e Prec – precipitação (mm). A escala de cores indica a intensidade e o sentido da correlação (r), sendo valores positivos representados em tons azuis e negativos em tons vermelhos.

Ademais, observou-se que o diâmetro de bulbo (DB) apresentou forte associação positiva com PC ($r = 0,72$) e PT ($r = 0,71$). Em contrapartida, verificou-se correlação negativa expressiva entre DB e a produção de bulbos de menores calibres, como C2 ($r = -0,83$) e C3 ($r = -0,64$). Esses resultados indicam, portanto, que o aumento do diâmetro do bulbo contribui para a redução da proporção de bulbos de menor valor comercial, favorecendo a obtenção de produtos com maior padrão de mercado.

Por outro lado, o número de bulbilhos por bulbo (NBB) apresentou correlação negativa com a temperatura máxima (T.max) ($r = -0,70$) e com a amplitude térmica (Amp) ($r = -0,65$), além de correlação negativa moderada com a precipitação (Prec) ($r = -0,35$). Dessa forma, infere-se que condições caracterizadas por maior estresse térmico e por variações acentuadas de temperatura ao longo do dia podem interferir nos processos de diferenciação e desenvolvimento dos bulbilhos, resultando em aumento do seu número e, conseqüentemente, em prejuízos à qualidade comercial dos bulbos.

No que se refere à produtividade, as variáveis produção comercial (PC) e produtividade total (PT) apresentaram correlações negativas com os calibres menores C2 ($r = -0,33$ e $-0,69$, respectivamente) e C3 ($r = -0,71$ e $-0,66$). Em contraste, observaram-se correlações positivas moderadas entre PC e PT com os calibres superiores C6 (PC: $r = 0,62$; PT: $r = 0,60$), C7 (PC: $r = 0,63$; PT: $r = 0,62$) e C8 (PC: $r = 0,59$; PT: $r = 0,57$). Logo, esses resultados evidenciam que maiores níveis de produtividade estão associados a uma maior proporção de bulbos de maior calibre, refletindo melhor padrão comercial da produção.

Quanto às variáveis climáticas, observou-se forte correlação positiva entre a temperatura máxima e a temperatura mínima ($r = 0,96$). Em oposição, a amplitude térmica apresentou correlação negativa, tanto com a temperatura máxima ($r = -0,63$) quanto com a temperatura mínima ($r = -0,80$). Além disso, a precipitação apresentou correlação positiva moderada com a amplitude térmica ($r = 0,48$) e com a temperatura máxima ($r = 0,50$), indicando a existência de interação entre os regimes térmico e hídrico ao longo do ciclo da cultura.

Os resultados obtidos nos três ciclos de cultivo (2022-2024) demonstram que o desempenho produtivo das cultivares de alho está intrinsecamente associado às

características físicas do bulbo, especialmente ao diâmetro e ao peso individual. Adicionalmente, as correlações evidenciam que os fatores climáticos, sobretudo a temperatura e a amplitude térmica, exercem influência decisiva sobre a expressão dessas características, podendo impactar negativamente os componentes de rendimento, quando as condições ambientais divergem das exigências fisiológicas da cultura.

Do mesmo modo, Baswarsiati (2025) observou que as características vegetativas e produtivas do alho apresentam correlações diretas com a temperatura, umidade e altitude. De acordo com o autor, ambientes com temperaturas mais amenas e níveis adequados de umidade favorecem o crescimento vegetativo, o acúmulo de biomassa e o enchimento dos bulbos, ao passo que temperaturas elevadas reduzem drasticamente o desempenho de cultivares sensíveis. Tais respostas diferenciadas confirmam a magnitude das interações genótipo \times ambiente (G \times E) na cultura do alho, onde o ambiente de altitude de Vitória da Conquista atuou como fator seletivo para a expressão do potencial produtivo.

A significância da interação G \times E para caracteres como diâmetro do pseudocaule, dimensões foliares e rendimento de bulbos comercializáveis reflete a adaptação específica de cada material às oscilações interanuais. Conforme relatado por Girma et al. (2021), ambientes caracterizados por temperaturas mais baixas favorecem o vigor vegetativo e o rendimento, enquanto a associação de temperaturas elevadas com regimes hídricos instáveis pode resultar em menor desempenho e maior instabilidade fenotípica.

Esses achados são consistentes com estudos anteriores de Kabe et al. (2021), Temesgen et al. (2021) e Girma et al. (2021), que também identificaram interações G \times E significativas para parâmetros de crescimento e produtividade. Portanto, a análise integrada dos dados climáticos e morfológicos nesta pesquisa ratifica que o sucesso da exploração do alho no Semiárido baiano depende da escolha de cultivares que apresentem estabilidade fenotípica diante da amplitude térmica regional, garantindo que o desenvolvimento vegetativo robusto seja efetivamente convertido em rendimento comercial de bulbos.

5 CONCLUSÃO

As condições de altitude no semiárido baiano proporcionam um ambiente de aptidão para o cultivo de alho, permitindo produtividades superiores a 17 t ha⁻¹ para o grupo nobre e 18 t ha⁻¹ para o seminobre, patamares que superam significativamente as médias nacionais. As cultivares Mexicano, Catiguá e Chinês FF (seminobres), juntamente com Caçador e Ito (nobres), apresentam a melhor adaptação e estabilidade produtiva, consolidando a região como um polo estratégico, capaz de produzir bulbos de alta qualidade comercial (Classes 5, 6 e 7). A cultivar San Valentim destacou-se em condições ideais, no entanto, mostrou maior sensibilidade às variações ambientais.

As análises de correlação revelaram que o diâmetro do bulbo e a altura de plantas, na fase de diferenciação, são os caracteres vegetativos com maior impacto direto sobre a produtividade comercial, servindo como indicadores precoces de desempenho. Adicionalmente, o peso médio de bulbos apresentou correlação positiva estreita com a classificação comercial superior (classes 6 e 7).

Maiores produtividades e calibres comerciais ocorreram com temperaturas mínimas mais elevadas e boa disponibilidade hídrica. Já amplitudes térmicas elevadas e excesso de chuvas favoreceram a senescência foliar e limitaram o enchimento dos bulbos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, V.E.S.; Vilela, N.J. Impactos ambientais e econômicos do alho livre de vírus para a agricultura familiar. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 37-63, 2008.

Aswani, N.; Terryana, R.T.; Lestari, P.; Sudarmonowati, E.; Satyawan, D.; Nugroho, K.; Murtiningsih, R. R. R.; Mulya, K.; Prihaningsih, A.; Karjadi, A. K.; Saidah; Basuki, R. S.; Harmanto. **Genetic variability studies of Indonesian garlic (*Allium sativum* L.) accessions based on morphological traits**. SABRAO Journal of Breeding and Genetics, v. 56, n. 2, p. 557-571, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.2.9>.

Associação Nacional dos Produtores de Alho-ANAPA. **Alho nacional bate importado na mesa do brasileiro pela primeira vez em 5 anos**. Brasília: ANAPA, 2021. Disponível em: <https://anapa.com.br>. Acesso em: 25 ago. 2025.

Biesdorf, V. Avaliação agrônômica de cultivares de alho em diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 613–621, 2015.

Baswarsiati, B.; Harsonowati, W.; Pramanik, D.; Arifin, Z.; Tafakresnanto, C.; Krismawati, A.; Latifah, E.; Handayati, W.; Yulianti, F.; Khamidah, A.; Al Farraj, D. A.; Iqbal, R.; Malaga-Tobola, U.; Gancarz, M. Genotype × environment interactions and genetic variation reveal stable, high-yielding, and organosulfur-rich garlic cultivars adapted to tropical conditions. **Scientific Reports**, v. 15, art. 44031, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-28347-1

Batiha, G.E.S.; Beshbishy, A. M.; Wasef, L. G.; Elewa, Y. H. A.; Al-Sagan, A. A.; Abd El-Hack, M. E.; Taha, A. E.; Abd-Elhakim, Y. M.; Devkota, H. P.. Composição Química e Propriedades Farmacológicas Do Alho (*Allium Sativum* L.): Uma Revisão Atualizada. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, V. 40, N. 4, P. 443-454, 2019.

Borém, A.; Miranda, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 6. Ed. Viçosa: Ufv, 2013.

BRASIL. Portaria MAPA Nº 435, de 18 de maio de 2022. Regulamento Técnico MERCOSUL de Identidade e Qualidade do Alho. **Diário Oficial da União**, 94ª Ed., Seção 1, p.4, 2022.

Carvalho, M.A.; Monnerat, R.G. Efeito do fotoperíodo no crescimento de cultivares de alho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, n. 1, p. 30-38, 2020.

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil- CNA. **Impactos da não renovação da medida antidumping contra o alho chinês**. Brasília: CNA, 2024. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br>. Acesso em: 25 ago. 2025.

Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S.; Regazzi, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados Ao Melhoramento Genético**. 4. Ed. Viçosa: Ufv, 2012.

Dejen Bekis, Hussein M and Dessie G. Interrelationship of Agronomic Traits with Bulb Yield of Garlic (*Allium sativum* L.) Genotypes. **World Research Journal of Agricultural Sciences**, 8(1): 285-291. (2020).

Dufoo-Hurtado, M D. Biochemical and physiological basis of garlic bulb development under diverse environmental conditions. **Plant Physiology Reports**, v. 20, n. 4, p. 475–483, 2015.

El-Saadony, M.T. ; Saad; A. M ; Korma; S. A ; Salem El-Mageed; T. A. A. , Alkafaas; S. S. ; Elsalahaty, ; Elkafas, M. W. F A ; Ahmed, A. E. ; Mathew, B. T. ; Albastaki, N. A. , Alkuwaiti, A. A. ; El-Tarabily, M. K ; AbuQamar, S. F.; El-Tarabily, K.A. , Ibrahim, S. A. Garlic bioactive substances and their therapeutic applications for improving human health: a comprehensive review. **Front. Immunol.**, 15, 1277074 (2024).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Alho livre de vírus: da pesquisa à realidade**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2021). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-projetos/-/projeto/27345/alho-livre-de-virus-da-pesquisa-a-realidade>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Investimento em pesquisa impulsiona a cadeia produtiva do alho**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 25 ago. 2025.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Cultivo do alho: manejo, doenças e pragas**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 19 out. 2025.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Alho-semente livre de vírus incrementou produtividade em até 150%**. Embrapa Hortaliças, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/80898193/alho-semente-livre-de-virus-incrementou-produtividade-em-ate-150>.

ESTADOS E CIDADES. **Produção agrícola nos estados e municípios do Brasil**. Disponível em: <https://estadosecidades.com.br>. Acesso em: 25 ago. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products – Garlic production in 2022**. Roma: FAO, 2023. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_garlic_production. Acesso em: 25 ago. 2025.

Fernandes, F.R.; Dusi, A.N.; Resende, F.V. **Viroses do alho no Brasil: importância e principais medidas de controle**. Circular técnica n. 122, 9p. Brasília, Embrapa - CNPH, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84849/1/ct-122.pdf>.

Ferreira, D.A.; Pereira, M. D.; Santos, J. T. Manejo integrado de cultivares de alho em diferentes condições climáticas. **Ciência Rural**, v. 54, p. 15-26, 2024.

Ferreira, J.S. Avaliação De Cultivares De Alho No Município De Governador Dix-Sept Rosado-Rn. **Revista Agro@Mambiente**, 2021. Disponível em: <https://Revista.Ufr.Br/Agroambiente/Article/View/2553>.

Garcia, D.C.; Dettmann, L.A.; Barni, V.; Lopes, S. J. Efeito de níveis de nitrogênio no rendimento de alho. **Ciência. rural**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 000-000, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781994000200014>.

Girma, N. Abdu Y, Zerihun K, Damtew A. Garlic (*Allium sativum* L.) **Variety development and Production in the highland areas of North Shewa, Amhara Region**. Proceeding of the 14th annual regional conference on completed crop research activities. Bahir Dar, Ethiopia. 2021.

Honobato, A.R. De F.; Negreiros, M. Z. De; Resende, F. V.; Lopes, W. De A. R.; Soares, A. M. Avaliação De Cultivares De Alho Na Região De Mossoró. **Revista Caatinga**, Mossoró, V. 26, N. 3, P. 80-88, Jul./Ago. 2013.

Hoogerheide, E. S. S.; Vencovsky, R.; Tiago, A. V.; Azevedo Filho, J. A.; Zanetti, G. T.; Pinheiro, J. B.. Genetic Divergence Among Garlic Accessions Grown In Different Environments In São Paulo State. **Revista Caatinga**, V. 37, E20240321, 2024. <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3711459rc>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2025.

Kabe B, Yusuf Z, Petros Y. **Genetic variability and association among bulb yield and yield related traits of Garlic (*Allium sativum* L.)** genotypes at Bishoftu agricultural research center, Ethiopia. *J Res Square*. 2021.

Kuldeep, K.; Ram, C.; Deepak, K.; Pushpendra, K; and Meenakshi K.(2017). Studies on correlation and path coefficient analyses in garlic (*Alliumsativum* L.). **Int. J. Pure App. Biosci.**, 5 (2): 864-870

Lima, M.F.P.; Lopes, W.A.R.; Negreiros, M.Z.; Resende, F.V.; Bessa, A.T.M.; Grangeiro, L.C. Viabilidade Do Cultivo De Alho Em Função Da Sanidade, Tamanho Do Bulbilho E Espaçamento. **Revista Caatinga**, V. 34, N. 3, P. 1-20, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/9687>. Acesso em: 19 out. 2025. Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.1590/1983-21252021v34n307rc](http://Dx.Doi.Org/10.1590/1983-21252021v34n307rc).

Lima, R.C.; Souza, F.R.; Castro, A.C. A importância socioeconômica do alho para agricultores familiares no Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 3, p. 112–121, 2021.

Liu, X.; Ma, Q.; Yu, H.; Li, Y.; Zhou, L.; He, Z.; Xu, Q.; Zho, G. Responses of plant biomass and yield component in rice, wheat, and maize to climatic warming: a meta-analysis. **Planta** **252**, 90 (2020).

Lucena, R.R.M.; Negreiros, M.Z.; Resende, F.V.; Lopes, W. de A.R.; Silva, O.M.P. da. Desempenho produtivo de cultivares de alho seminobre vernalizadas na mesorregião Oeste Potiguar. **Caatinga**, v. 29, n. 2, p. —, 2016. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n209rc.

Lucidos, J.; Younis, A.; Hwang, Y.; Lim, K. (2014). Determination of optimum conditions for breaking bulb dormancy in relation to growth and flowering in *Lilium hansonii*. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, 55. 257-262. , 2014.

Luz, J.M.Q.; Oliveira, C.I.G. de; Silva, S.M.; Santos, J.P.D. dos; Souto, P.G.P.S.N.; Castoldi, R. Productivity and quality of noble garlic cultivars under different vernalization temperatures. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 47, e72379, 2025. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v47i1.72379>.

Maass, H.I.; Klaas, M. Diversity Evaluation In Garlic (*Allium Sativum* L.) Germplasm Collected Worldwide. **Genes & Genetic Systems**, V. 91, N. 3, P. 123-134, 2015.

Macêdo, F.S.; Souza, R.J.; Pereira, G. M. Controle de superbrotamento e produtividade de alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.629-635, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000400012>.

Martins, A.P.; Silva, J.F.A Importância Econômica Do Alho Na Agricultura Brasileira. **Revista Brasileira De Agricultura**, V. 25, N. 3, P. 150-158, 2020.

Martins, F.M.; Costa, J.L.; Sousa, P. A. Influência De Fatores Ambientais No Cultivo De Alho: Impacto Sobre Produtividade E Qualidade. **Revista Brasileira De Agricultura**, V. 45, P. 32-42, 2022.

Melo, W.F de; Resende, FV; Guiducci Filho, E.; Dusi, A.N. Da bancada ao agricultor: a transferência da tecnologia de alho livre de vírus para agricultores familiares da Bahia. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.28, p.81-114, 2011.

Mituti, T.; **Viroses do alho: métodos de diagnose e degenerescência do alho semente livre de vírus**. 2013. ix, 85 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013.

Morais, E.G.; Grangeiro, L.C.; Resende, F.V.; Negreiros, M.Z.; Oliveira, R.R.T.; Pereira, D.F.; Santos, E.N.; Costa, R.M.C.; Queiroz, G.C.M.; Carmo, L.H.A. Treating Garlic Seed Cloves With Negative Temperatures Increases The Productivity Of Noble Garlic In The Brazilian Semi-Arid Region. **Horticulturae**, [S. L.], V. 9, N. 9, P. 1022, 2023. Doi: 10.3390/Horticulturae9091022.

Mota, J.H.; Yuri, J. E.; Souza, R. J.; Resende, G. M.; Freitas, S. A. C.; Rodrigues Júnior, J. C. Características físico-químicas de cultivares de alho (*Allium sativum* L.) do grupo semi-nobre, nas condições de Lavras, MG. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 1-4, 2003.

Nguyen, B.T.; Harper, S.M.; O'Hare, T.J.; Menzies, N.W.; Wehr, B. Sulfur Nutrition Affects Garlic Bulb Yield And Allicin Concentration. **Journal Of Plant Nutrition**, V. 45, N. 20, P. 2986–2998, 2022. Doi: 10.1080/01904167.2022.2080343.

Oliveira, D.S.; Ferreira, A.P.; Souza, L.M. Adaptabilidade De Cultivares De Alho Em Regiões De Altitude: Efeitos Sobre Emergência E Vigor Inicial. **Revista De Pesquisa Agropecuária**, V. 25, N. 4, P. 301-308, 2010.

Pacholczyk-Sienicka, B., Modranka, J. & Ciepielowski, G. Comparative analysis of bioactive compounds in garlic owing to the cultivar and origin. **Food Chem.** 439, 138141 (2024).

Pedrosa, M.W. **Desempenho Agrônômico E Degenerescência De Cultivares E Linhagens De Alho Em Diferentes Sistemas De Produção**. 2015. Tese (Doutorado Em Fitotecnia) – Universidade Federal De Lavras, Lavras, Mg, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/items/E5fa6540-799d-474d-96f0-60992d87837f>. Acesso em: 15 out. 2025.

Peixoto, J.V.M.; Morales, R.G.F.; Zanin, D.S.; Resende, F.V.; Paula, J.T. Desempenho De Cultivares De Alho Em Diferentes Condições Edafoclimáticas. **Horticultura Brasileira**, V. 33, N. 2, P. 245–252, 2015.

Rahman, N.; Das, R.; DAS, P.; Phookan, D. B.; Narzary, B. D.; Kalita, B.; Saikia, A.; Alam, S.; Gogoi, B.; Borkakati, R. N.; Deva nath, H. K.; Barman, S. Performance of garlic (*Allium sativum* L.) germplasm/varieties as affected by the planting time in North Eastern India. **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 11, p. 2375-2381, 2022.

Raposo, T.P.; Senoski, M.P.; Fernandes, M.E.S.; Aquino, L.A.; Fernandes, F.L. Produtividade Do Alho Em Função Da População E Do Arranjo De Plantas. **Ciências Agrárias: O Avanço Da Ciência No Brasil - [S.I.]**, V. 2, P. 233-249, 2021. Doi: <http://dx.doi.org/10.37885/210805853>. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210805853.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2025.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

Rebelato, R. C. **Escala fenológica do alho**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Curitibanos, SC, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/171753>. Acesso em: 27 maio 2025.

Resende, F.C. **Caracterização Morfológica E Genética De Cultivares De Alho**. Documentos Embrapa, N. 132, 2005.

Resende, G.M.D., Chagas, S.J.D.R., & Pereira, L. V. (2003). **Características produtivas e qualitativas de cultivares de alho**. Horticultura Brasileira, 21, 686-689.

Resende, J.T.V.; Morales, R.G.F.; Zanin, D.S.; Resende, F.V.; Paula, J.T.; Dias, D.M.; Galvão, A.G. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 157–162, 2013.

Resende, R.M.S. **Melhoramento Genético De Plantas: Fundamentos E Métodos**. Viçosa: Ufv, 2005.

Resende, F.V. Desafios da produção e inovações tecnológicas para cultura do alho no Brasil. **Hortaliças em Revista**, ano 7, n. 25, p. 16–17, maio/ago. 2018.

Rosa, L.A. Morfologia Do Alho. **Revista Brasileira De Horticultura**, V. 23, N. 2, P. 45-50, 2015.

Sandhu SS., Brar PS., Dhall RK. and Neena C.(2016). Correlation and path analysis studies in garlic (*Allium sativum* L.). **Vegetable Science**, 43:276-278

Santos, M. A. V.; Andrade Júnior, V. C.; Guimarães, A. G.; Brito, O. G.; Taula, A. J. V.; Costa, R. A.; Alves, J. P. R.; Silva, N. O.; Resende, F. V.. Correlations between agronomic characters in garlic. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.57, e02603, 2022.

Santos, A.C. Dos; Silva, M.G.; Oliveira, L. G. Avaliação Agronômica De Cultivares De Alho Em Diferentes Ambientes Do Cerrado. **Revista Brasileira De Horticultura**, V. 39, N. 2, P. 145–152, 2021.

Santos, R.L.; Almeida, F.C.; Mendes, T.J. Influência Da Altitude E Condições Climáticas Na Germinação E Emergência De Cultivares De Alho. **Revista Ciência Agrária**, V. 19, N. 1, P. 45-52, 2018.

Silva, A.P. Da. **Seleção Clonal Individual De Alho Roxo Nobre (*Allium Sativum* L.) No Planalto Catarinense**. 2023. Dissertação (Mestrado Em Fitotecnia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://Repositorio.Ufsc.Br/Handle/123456789/249842>. Acesso em: 19 out. 2025.

Squilassi, M.G. **Interação de genótipos com ambientes**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2003, 47p. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br>. Acesso em: 19 out. 2025.

Silva, N.M. da. **Comportamento de cultivares de alho (*Allium sativum* L.) em Utinga**, BA. Salvador: EPABA, 1983. 18 p. (EPABA. Boletim de Pesquisa, 2)

Silva, R.A.; Lima, J.B.; Almeida, T.S. Efeitos De Práticas De Manejo E Irrigação Na Produtividade Do Alho. **Horticultura Brasileira**, V. 39, N. 6, P. 564-574, 2021.

Singh S.R., Ahmed N.A., Lal S., Asima A., Mudasar A., Ganie S. A. and Nusrat J. (2013). Character association and path analysis in garlic (*Allium sativum* L) for yield and its attributes. **SAARC Journal Agriculture**. 11(1): 45-52

Soares, A.M.; Negreiros, M.Z.; Resende, F.V.; Lopes, W.A.R.; Medeiros, J.F.; Grangeiro, L. C. Avaliação de cultivares de alho no município de Governador Dix-sept Rosado-RN, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 423–430, out./dez.

2015. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2553. Disponível em:
<http://www.agroambiente.ufr.br>. Acesso em: 19 out. 2025.

Souza, D.R. **Desempenho Agronômico De Genótipos De Alho Livre De Vírus E Infectados Em Duas Safras**. Ufv – Dissertação de Mestrado, 2023.

Strassburger, A.S.; Zanardi, W.; Buttow, M.V.; Strassburger, K.F.S.; Lattuada, D.S. Crescimento e produtividade do alho em diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 3, 2019.

Taula, A. A. Phenotypic Plasticity Of *Allium Sativum* L. In Response To Edaphoclimatic Factors. **Crop Journal**, V. 9, N. 5, P. 1372–1380, 2021

Temesgen T, Zigale S, Tamirat B. Multi environments and Genetic-Environmental interaction (GxE) in plant breeding and its challenges: A review Article. **Int J Res Stud Agricultural Sci (IJRSAS)**., 2021;7(4):11–8.

Veloso, E.C.; Duarte, R L.H.; Athayde Sobrinho, C.; Melo, F. B.; Ribeiro, V. Q. Características comerciais de alho em Picos, PI. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 234-236, 1999.