



**ANTÓNIO JORGE VIEGAS TAULA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE ALHO QUANTO AO  
DESEMPENHO AGRONÔMICO E CAPACIDADE DE  
FLORESCIMENTO**

**LAVRAS-MG  
2019**

**ANTÓNIO JORGE VIEGAS TAULA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE ALHO QUANTO AO DESEMPENHO  
AGRONÔMICO E CAPACIDADE DE FLORESCIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Taula, António Jorge Viegas.

Caracterização de acessos de alho quanto ao desempenho  
agronômico e capacidade de florescimento / António Jorge Viegas  
Taula. - 2019.

50 p. : il.

Orientador(a): Valter Carvalho de Andrade Júnior.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Allium sativum* L. 2. Produtividade. 3. Florescimento. I.  
Andrade Júnior, Valter Carvalho de. II. Título.

**ANTÔNIO JORGE VIEGAS TAULA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE ALHO QUANTO AO DESEMPENHO  
AGRONÔMICO E CAPACIDADE DE FLORESCIMENTO**

**CHARACTERIZATION OF GARLIC ACCESSES ON AGRONOMIC  
PERFORMANCE AND FLOWERING CAPACITY**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de maio de 2019.

Dr. Francisco Vilela Resende          EMBRAPA

Dra. Luciane Vilela Resende          UFLA

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

*À minha família, em especial à minha mãe Cecília Ernesto António, e ao meu pai Jorge Viegas Taula, que em vida, lutaram bastante e de forma incansável para que eu me formasse.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Programa de Pós-graduação de Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade.

Ao Governo de Moçambique (MCTESTP), pela oportunidade ímpar em me conceder a bolsa de estudo, garantindo deste modo, a minha permanência no Brasil.

Ao professor e orientador Valter Carvalho de Andrade Junior, pelo esforço e ajuda incomensurável na orientação, assim como pela paciência na partilha dos seus conhecimentos.

Ao pesquisador Dr. Francisco Vilela Resende, pela ajuda na implantação do experimento. e por compartilhar seus conhecimentos durante o período.

À professora Luciane Vilela Resende, pelo primeiro contato de aceitação à Universidade, e pela amizade

À Embrapa Hortaliça, pela aquisição dos alhos.

Aos pesquisadores Josimar Robeiro do Couto e José Luiz Pereira, que contribuíram para o estabelecimento do experimento.

Ao Orlando Gonçalves Brito, pela ajuda permanente e continua durante o período de redação.

Ao professor Wilson Magela, pela partilha permanente para o enriquecimento do meu aprendizado.

Aos professores do programa de Fitotecnia, pela transmissão e partilha dos seus conhecimentos.

Aos colegas e grupo de orientados da Pós-graduação, da Graduação, e aos membros do NEO, pela ajuda durante a realização da pesquisa.

Aos técnicos do setor de olericultura, Stéfany Martins e Josimar Silva, pela incansável ajuda nos trabalhos.

À professora Elisangela Elena Nunes Carvalho e ao Ilídio Zitha, pela ajuda nas análises laboratoriais.

À minha família, e a todos aqueles que direta ou indiretamente, ajudaram na prossecução dos estudos e finalização do presente trabalho.

Aos amigos e colegas, pelos momentos alegres que passamos juntos durante o aprendizado.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

O alho é uma hortaliça propagada vegetativamente, em virtude da sua inviabilidade de se propagar sexualmente, fato que contribui para a baixa produtividade devido a elevada carga viral, causada pelo uso repetitivo dos materiais propagativos. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar acessos experimentais de alho quanto ao seu desempenho agrônomo, capacidade de florescimento e a divergência genética entre os mesmos. O experimento foi implantado na área experimental do setor de olericultura da Universidade Federal de Lavras, município de Lavras, MG, em maio de 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 13 tratamentos (genótipos) e quatro repetições. Foram avaliados a emergência, o índice de velocidade de emergência, a altura da planta, a porcentagem de superbrotamento, o peso médio de bulbo comercial, o número de bulbilhos por bulbo, o rendimento total, o rendimento comercial, a porcentagem de florescimento e o comprimento e o diâmetro de escapo floral. Além disso, realizou-se a avaliação de características físico-químicas (sólidos solúveis, pH e acidez titulável) e a classificação dos bulbos produzidos, baseado em seus tamanhos. Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ), e quando significativos, os efeitos dos genótipos, suas médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott à 5% de significância. Também se procedeu o estudo da divergência por meio de análise multivariada, adotando-se a técnica de variáveis canônicas. A análise de variância indicou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos para o índice de velocidade de emergência, porcentagem de florescimento, diâmetro de escapo floral, comprimento de escapo floral e rendimento comercial. O maior rendimento comercial e porcentagem de florescimento foram observados no acesso RAL (8,82 t.ha<sup>-1</sup>) e DDR 6024 (80,92%), respectivamente, os quais diferiram apenas das cultivares. Todas as características físico-químicas apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação aos genótipos. Os maiores valores de acidez titulável, pH, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez titulável foram observados nos genótipos Quitéria (1,29%), RAL 159 (6,43), RE 493099 (33,50%) e Caçador (71,85%), respectivamente. Em relação a classificação comercial dos bulbos, verificou-se maior concentração nas classes 3, 4 e 5. Os acessos experimentais apresentaram quantidades superiores às cultivares comerciais em todas estas classes. A maior divergência genética foi verificada entre os acessos experimentais e as cultivares comerciais, existindo uma variação entre os acessos RAL 159, UO 73 e RAL 751 com os demais acessos experimentais influenciados pela relação sólidos solúveis/acidez titulável. De forma geral, os acessos mostraram superioridade agrônoma em relação as cultivares comerciais, sendo mais produtivos, com mais percentual de florescimento, e melhor qualidade físico-química, caracterizando-se, deste modo, como potenciais genótipos para melhoramento genético e cultivo de alho.

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L. Produtividade. Sementes.

## ABSTRACT

Garlic is a vegetatively propagated vegetable because of its inability to propagate sexually, a fact that contributes to low productivity due to the high viral load caused by the repetitive use of propagating materials. In this sense, the objective of the present work was to characterize experimental accessions of garlic as to its agronomic performance, flowability and genetic divergence among them. The experiment was carried out in the experimental area of the olericulture sector of the Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil, in May 2018. The experimental design was a randomized complete block with 13 treatments (genotypes) and four replicates. The emergence, emergence speed index, plant height, percentage of burdock, average commercial bulb weight, number of bulbs per bulb, total yield, commercial yield, flowering percentage and length and diameter of floral scape. In addition, the physical-chemical characteristics (soluble solids, pH and titratable acidity) and the classification of the bulbs produced were evaluated based on their sizes. The data were submitted to analysis of variance ( $p < 0.05$ ), and when significant the effects of the genotypes, their means grouped by the Scott-Knott test at 5% of significance. We also proceeded to study the divergence by means of multivariate analysis, adopting the technique of canonical variables. The analysis of variance indicated significant differences ( $p < 0.05$ ) among the genotypes for the rate of emergence, blooming percentage, floral scape diameter, floral scape length and commercial yield. The highest commercial yield and flowering percentage were observed in RAL access (8.82 t.ha<sup>-1</sup>) and DDR 6024 (80.92%), respectively, which differed only from the cultivars. All physical-chemical characteristics presented significant differences ( $p < 0.05$ ) in relation to the genotypes. The highest values of titratable acidity, pH, soluble solids soluble solids ratio / titratable acidity were observed in the genotypes Quitéria (1.29%), RAL 159 (6.43), RE 493099 (33.50%) and Caçador (71, 85%), respectively. Regarding the commercial classification of bulbs, there was a higher concentration in classes 3, 4 and 5. Experimental accesses showed higher amounts than commercial cultivars in all these classes. The highest genetic divergence was observed between the experimental accessions and the commercial cultivars. There was a variation between the RAL 159, UO 73 and RAL 751 accessions with the other experimental accesses influenced by the solid soluble / titratable acidity ratio. In general, the accesses showed superior agronomic performance in relation to the commercial cultivars, being more productive, with more flowering percentage and better physical-chemical quality, characterizing in this way as potential genotypes for genetic improvement and garlic cultivation.

**Key words:** *Allium sativum* L. Productivity. Seeds.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características emergência, índice de velocidade de emergência, altura da planta (AP), porcentagem de superbrotamento (PS), peso médio de bulbos comerciais (PMBC), número de bulbilho por bulbo (NB), rendimento total (RT), rendimento comercial (RC), porcentagem de florescimento (PF), comprimento de escapo floral (CEF) e diâmetro de escapo floral (DEF) em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....34
- Tabela 2 - Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta (AP) e porcentagem de superbrotamento (PS) em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....35
- Tabela 3 - Peso médio de bulbo comercial (PMBC), número de bulbilho por bulbo (NB), rendimento total (RT) e rendimento comercial (RC) em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....36
- Tabela 4 - Porcentagem de florescimento, comprimento e diâmetro de escapo floral e rendimento comercial em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....37
- Tabela 5 - Porcentagem de classificação dos bulbos comerciais em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....39
- Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as características sólidos solúveis, pH e acidez titulável, em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....40
- Tabela 7 - Porcentagem de Sólidos solúveis, pH e acidez titulável em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....41
- Tabela 8 - Correlações canônicas estabelecidas com 10 variáveis avaliadas em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. ....42

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa, precipitação e fotoperíodo no município de Lavras, MG, referentes ao período de abril a outubro de 2018. .... 30
- Figura 2 - Análise multivariada realizada com 8 variáveis significativas das avaliadas em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018. .... 43

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO ..... 11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO ..... 13</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama econômico nacional e internacional da produção de alho ..... 13</b>
<b>2.2</b>	<b>Grupos e características morfológicas do alho ..... 14</b>
<b>2.3</b>	<b>Crescimento e desenvolvimento das plantas de alho..... 16</b>
<b>2.4</b>	<b>Vernalização..... 17</b>
<b>2.5</b>	<b>Florescimento e produção de sementes de alho ..... 18</b>
<b>2.6</b>	<b>Caracterização físico-químicas ..... 21</b>
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 22</b>
	<b>REFERÊNCIAS ..... 23</b>
<b>CAPITULO 2 - DESEMPENHO AGRONÔMICO, FLORESCIMENTO, QUALIDADE E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM ACESSOS DE ALHO..... 26</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO ..... 28</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS..... 30</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 34</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES ..... 44</b>
	<b>REFERÊNCIAS ..... 45</b>

## CAPITULO I INTRODUÇÃO GERAL

### 1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma hortaliça bulbosa pertencente à família Alliaceae. É uma espécie herbácea anual com folhas modificadas para armazenamento de reservas, chamadas bulbilhos e gemas com potencial de gerar nova planta (BLOCK, 2010).

Seu centro de origem são as Zonas Temperadas da Ásia Central de onde se espalhou para a região do Mediterrâneo. Para o Brasil, acredita-se que tenha vindo do México, Egito, Portugal e de alguns países da América do Sul. A cultura do alho se estende por quase todo o país e no mundo dada a importância do condimento na culinária e no mercado agrícola. A espécie é dividida em dois grandes grupos, segundo o número de bulbilhos por bulbo, o alho nobre e o alho semi-nobres, sendo o primeiro grupo de melhor valor no mercado. Em virtude da maior cotação, com o passar dos anos as cultivares nobres vêm substituindo gradativamente as cultivares de alho semi-nobres, (SIMON; JENDEREK, 2003; CUNHA et al., 2012).

Trata-se de uma olerícola de alto valor nutritivo, composto por vitaminas A, B2, B6, C, aminoácidos, adenosina e sais minerais (ferro, silício, iodo). Suas características bioquímicas lhe atribuem propriedades antibacterianas, antifúngicas, antivirais e antiparasitárias (ARZANLOU; BOHLOOLI, 2010; ASTORGA-QUIRÓS et al., 2014), aliados ao um ótimo pH, solutos solúveis e acidez titulares, propriedades determinantes para o consumo *in natura* (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O cultivo do alho é exigente quanto a uma série de técnicas especializadas. Para o plantio, a escolha adequada de cultivares, a aquisição e vernalização de alhos nobres, irrigação, ponto de colheita ideal e correto armazenamento, são variáveis importantes para o aumento da produção (SOUZA; MACÊDO, 2009; DUFOO-HURTADO et al., 2015). Todavia a falta de uma produção de alho sementes com qualidade é um problema, sobretudo nas propriedades onde é cultivado o alho nobre, fato que contribui para a baixa produtividade das lavouras.

Sendo assim, para suprir a demanda do mercado brasileiro, tem-se recorrido pela importação do alho chinês e argentino, que ao chegar ao mercado, ganha competitividade em relação ao alho nacional, devido aos baixos preços, prejudicando assim, os produtores brasileiros (OLIVEIRA et al., 2010; ANAPA, 2019).

Devido à forma contínua de propagação vegetativa do alho, por meio de bulbilhos, as cultivares aumentam sua inviabilidade de produzir sementes botânicas, o que contribui para a baixa produtividade. Isso ocorre principalmente devido a elevadíssima carga viral, transmitido pelo próprio material propagativo que vai se multiplicando de safra em safra (CARVALHO, 1981; OLIVEIRA et al., 2010).

Estudos de novos acessos visando a obtenção de cultivares com desempenho agrônomo superior em relação às cultivares comerciais existentes, e com capacidade de florescimento para posterior produção de semente sementes botânicas, é fundamental. Esta pode ser uma solução para gerar uma maior variabilidade genética, com plantas livres de vírus, e de alguma forma poderia contribuir para o aumento da produtividade (MACÊDO et al., 2009). Entretanto, as cultivares comerciais disponíveis perderam a capacidade de produção de sementes botânica (TCHÓRZEWSKA et al., 2018). Isso foi condicionado pela seleção, visando melhor produtividade, incluindo a eliminação da haste floral, de forma a reduzir a disputa de nutriente entre a inflorescência e os bulbos. A produção de sementes botânica pode ser a melhor estratégia para responder a grande demanda de alho no mercado nacional, cuja compensação do *déficit* é mediante as importações, isso porque, com estas estruturas propagativas, facilmente poderá se conduzir um programa de melhoramento visando o aumento da produtividade para além de outras características desejáveis na produção do alho (MACÊDO et al., 2009; TCHÓRZEWSKA et al., 2018). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo e a capacidade de florescimento de acessos de alho nas condições edafoclimáticas da região de Lavras, localizada no Sul de Minas Gerais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Panorama econômico nacional e internacional da produção de alho

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO), a produção mundial de alho, em 2017, foi superior a 28 milhões de toneladas, com produtividade média de 14,67 t.ha<sup>-1</sup> (FAO, 2019). A produção mundial aumentou a uma taxa média anual de + 19% entre 2010 e 2017. Os maiores produtores são China, Índia, Bangladesh, Coréia do Sul, Espanha, Egito, Rússia, EUA, Uzbequistão e Birmânia, que detêm mais de 92% da produção mundial (FAO, 2019).

No Brasil, os maiores estados produtores, em sequência decrescente, são: Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que somam mais de 90% de toda produção nacional (IBGE, 2018). Minas Gerais, maior produtor nacional, possui 95% da produção do Sudeste, com mais de 45,8 mil toneladas colhidas em 2017, com produtividade média de 14,9 t. ha<sup>-1</sup>, acima da média brasileira que é de 10,9 t.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2018).

Em relação à taxa de crescimento, de 2012 a 2016, esteve em torno de 5,5%, com uma queda verificada entre 2016 e 2017. Conseqüentemente, a dependência do alho importado também registou um ligeiro aumento de 2% (IBGE, 2018; ANAPA, 2019). Em 2017, o consumo interno esteve em torno de 30 milhões de caixas de 10 Kg, num total de 132.868 toneladas. O abastecimento interno conseguiu suprir 46,67% do consumo de alho total, equivalente a 14 milhões de caixas de 10 Kg, sendo o restante, 16 milhões de caixas, importado da China (46,46%), Argentina (39,01%) e Espanha (11,59%) (IBGE, 2018). Contudo, vale ressaltar que, em 2017, houve redução das importações do alho em torno de 30% quando comparado com o ano anterior, o que esteve associado ao aumento da produção e produtividades no Brasil (IBGE, 2018).

Em relação às épocas de colheita do alho, no hemisfério norte, a safra é colhida no primeiro semestre de cada ano, e no hemisfério Sul a safra é colhida em sua maior parte no segundo semestre do ano (CONAB, 2019). Dessa forma, as importações brasileiras são de janeiro a junho da América do Sul, notadamente da Argentina e de julho a dezembro do hemisfério Norte, com destaque para a China (CONAB, 2019). O Brasil enfrenta problemas com importações de alho argentino, e segundo a ANAPA, por vezes, o alho argentino apresenta baixa qualidade, chamado de ‘alho indústria’, atrapalhando o mercado interno.

Aliado a isso, esse alho utiliza os padrões da Portaria do Mercosul N° 98/94, em vez da Portaria N° 242/ 2019, usada no Brasil (BRASIL, 1992; ANAPA, 2019).

Tais portarias especificam os tipos de bulbos, defeitos, classes, embalagens, dentre outras características importantes à comercialização. Com os chineses, o problema é a falta de requisitos fitossanitários mínimos para a exportação de bulbos para o Brasil. A ANAPA aprovou a Instrução Normativa que obriga que o alho chinês esteja livre de resíduos vegetais e material de solo. Essas normas possuem o propósito de trazer segurança aos produtores e garantir a qualidade da produção (ANAPA, 2019), além de garantir a estabilização dos preços no mercado nacional.

Além dos problemas internacionais com a importação, o Brasil sofre com a concorrência do alho importado, pois o alho que entra no país possui preço abaixo do nacional. Isso ocorre em virtude das condições climáticas mais favoráveis na Argentina e com a forte concorrência do alho chinês produzido a menores custos (RESENDE, 2004a). A fim de mitigar esse problema, o governo brasileiro, com base na Lei n° 9.019 de 30 de março de 1995, e na resolução CAMEX n° 80, de 3 de outubro de 2013, retificado pela Resolução n° 47 de julho de 2017 (Esclarece que os alhos frescos ou refrigerados, independentemente de quaisquer classificações, quando originários da República Popular da China, estão sujeitos à incidência do direito antidumping), impôs a taxa *antidumping*, a qual acrescenta um valor sobre o alho importado da China, com base nos dados coletados (BRASIL, 2009). Com essa medida, o governo brasileiro visa reduzir a entrada de alho no país, protegendo assim, o produtor brasileiro, da concorrência do alho chinês.

## **2.2 Grupos e características morfológicas do alho**

A separação ou o agrupamento das cultivares de alho, por meio de características morfológicas, anatômicas ou moleculares, apresenta grande importância na escolha das cultivares mais adaptadas às diferentes regiões. Isso pode conferir maior uniformidade, qualidade e produtividade dos genótipos. Assim, faz-se necessário a caracterização das cultivares, agrupando-as de acordo com as características comuns a cada grupo (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016). A cultura do alho apresenta grande diversidade fenotípica, ou seja, o mesmo genótipo ou clone apresenta variações morfológicas em resposta às interações com fatores ambientais, como solo, clima, umidade, entre outros (MACÊDO et al., 2009).

A planta do alho é composta por raízes, bulbo, bulbilhos, colmo, folhas e haste floral, onde cada parte tem sua função específica (REINA-PINTO; YEPHREMOV, 2009). As raízes formam um sistema radicular do tipo fasciculado, atingindo profundidades de 10 até 50 cm, onde não se distingue uma raiz central, nem pela forma ou pela posição (SOBRINHO et al., 1993). O sistema radicular do alho encontra-se localizado na porção inferior do disco basal (LACERDA et al., 2007).

O bulbo é a estrutura produtiva da planta. Ele é formado pelo conjunto de bulbilhos, cujo número varia de acordo com a cultivar e grupo (BLOCK, 2010). Os bulbilhos estão cobertos por várias folhas, que em conjunto formam a túnica. É importante que o alho se mantenha com a túnica para evitar danos por frio e a entrada de patógenos no bulbilho (VIDAL; VIDAL, 2003). Botanicamente, um bulbilho é uma versão modificada de gemas axilares, originadas na parte basal do interior das folhas (POOLER; SIMON, 1993).

No Brasil existem dois tipos de alho cultivados, os nobres e os semi-nobres, cada um com suas exigências. O alho nobre é caracterizado por bulbos grandes e redondos, com pequeno número de bulbilhos (8 a 12 bulbilhos), casca branca e película rosada, sendo o grupo preferido pelos consumidores. As cultivares semi-nobres caracterizam-se por bulbos de formato irregular, com maior número de bulbilhos, casca branca e película de cor branca a arroxeadada. Ambos os grupos são propagados assexuadamente, isto é, através do bulbilho (RESENDE et al., 2016).

Há também os colmos, que são caules que não possuem ramificações, divididos em botões vegetais. É através deles que as folhas são emitidas. O colmo da planta do alho é utilizado nas estimativas de matéria seca, e guarda substâncias para emissão foliar (KAMENETSKY et al., 2004).

As folhas são componentes da planta que têm como objetivo a absorção de luz e a troca de gases para a realização da fotossíntese e assimilação dos nutrientes. Uma planta de alho pode ter em média 17 folhas no momento da emissão da haste floral, quando termina a fase vegetativa. As folhas emergem da parte superior do caule, variando de estreitas, achatadas e alongadas (ROSA, 2015), podendo a superfície apresentar-se lisa ou com maior serosidade (VIDAL; VIDAL, 2003). A cera ou cutícula é uma barreira eficiente contra a entrada da maioria dos patógenos que colonizam a superfície (STANGARLIN et al., 2011). Dependendo da espessura ou da densidade dessa camada cuticular, as plantas podem ser mais ou menos resistentes (REINA-PINTO; YEPHREMOV, 2009).

### 2.3 Crescimento e desenvolvimento das plantas de alho

O crescimento é um termo quantitativo, relacionado a mudanças de tamanho e/ou massa. Na maioria dos casos é importante medir o crescimento com o acompanhamento do aumento em volume, massa, número de células, quantidade de protoplasto, além do aumento em complexidade (LACERDA et al., 2007). A planta de alho pode atingir de 5 a 150 cm em altura, e seu bulbo ser maior que 56 mm de diâmetro (BLOCK, 2010).

O desenvolvimento refere-se ao conjunto de mudanças que um organismo sofre ao longo de seu ciclo, desde a germinação da semente, passando pela maturação e florescimento, e finalmente, chegando à senescência (ROSA, 2015). O desenvolvimento também se aplica às mudanças na forma do organismo ou órgão que ocorre durante a transição da fase vegetativa (desenvolvimento vegetativo) para a reprodutiva (desenvolvimento reprodutivo ou florescimento) ou durante o desenvolvimento de uma folha a partir do seu primórdio foliar (LACERDA et al., 2007).

É na fase vegetativa que as plantas absorvem mais energia solar, ativando enzimas e absorvendo nutrientes necessários para o desenvolvimento, sendo ela de grande importância no ciclo da cultura do alho, pois é nesse momento que a planta assimila os nutrientes necessários para atingir sua máxima produção. É nesta fase que a planta desenvolve as raízes, bulbos, colmo e folhas (VIDAL, 2003). Segundo Lopes-Bellido et al. (2016), o alho pode ser dividido em sete principais fases de desenvolvimento.

A fase inicial consiste no brotamento do bulbilho, que acontece no final da dormência, culminando com o surgimento à superfície, das primeiras folhas. Essa fase de desenvolvimento é condicionada pelo estímulo ao frio, realizado naturalmente ou através de vernalização (BIESDORF, 2015).

A segunda fase é o desenvolvimento foliar (brotação principal), iniciado quando a primeira folha emitida, onde ocorre a emergência das folhas (REINA-PINTO; YEPHREMOV, 2009).

A terceira fase é a formação dos brotos laterais, ou primeira fase do bulbo, que dá início a diferenciação do bulbo do alho (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016). Esta diferenciação diz respeito a todas as diferenças qualitativas entre células: especialização de células e tecidos para funções particulares durante o desenvolvimento. Os tecidos diferenciam-se em sistemas vasculares (floema e xilema), de reservas, preenchimento e síntese (parênquimas), dentre outros (PEIXOTO, 2004). No alho, o estágio de diferenciação dos bulbilhos é considerado o

mais importante e mais crítico, pois nesse momento define-se um dos componentes do rendimento, que é o número de bulbilhos. Devido a importância desse estágio, para que a cultura do alho atinja alta produção, é necessário que produtores e técnicos saibam reconhecê-lo corretamente, melhorando práticas como aplicação de nitrogênio e irrigação. Esta fase ocorre concomitante com a segunda fase de desenvolvimento (ROSA, 2015).

A quarta fase é a de desenvolvimento do bulbo até a colheita, ou segunda fase do bulbo. É o momento onde o bulbo é preenchido pelos bulbilhos, até a maturação (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016).

A quinta fase é a reprodutiva, que ocorre concomitantemente com a fase de desenvolvimento 3 e parte da fase 2 é a emissão da inflorescência, ou haste floral, onde os primeiros processos ocorrem internamente, e terminam na colheita. A haste floral é a parte produtora de sementes da planta, e compete com o bulbo na absorção de nutrientes. Assim, é desejável que o melhoramento genético diminua o tamanho da haste floral, produzindo um bulbo de melhor qualidade (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016).

A sexta fase vai da emissão da inflorescência do alho até a maturação da semente, (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016).

A sétima e última fase é a senescência e início da dormência da planta, onde os bulbilhos entram em um profundo período de dormência, e só atingem desenvolvimento total do bulbo após um período de secagem, ou cura. Essas fases e estádios da planta definem o crescimento e o desenvolvimento da cultura (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016).

A fase vegetativa tem efeito na bulbificação da planta e ocorre em dois processos. O primeiro refere-se à formação das gemas laterais nas axilas das folhas jovens, o segundo é a transição das gemas laterais em folhas de armazenamento (BLOCK, 2010). Além disso, existem muitos fatores que podem influenciar o crescimento de uma planta, como por exemplo, a porcentagem de matéria seca que ela contém. Alguns estudos sugerem que o teor de matéria seca pode definir a quantidade de nutrientes imobilizados na planta (RESENDE et al., 2016).

## **2.4 Vernalização**

A vernalização é uma técnica que consiste em armazenar o alho-semente em câmaras frias antes do plantio. A refrigeração pré-plantio (para a obtenção de alho vernalizado), principalmente para as cultivares nobres, permite o cultivo em áreas onde, em condições

normais, a bulbificação não ocorreria, devido à restrição climática. Essa técnica pode ainda, viabilizar o plantio de alho no período da entressafra e possibilitar a precocidade nas colheitas. Isso contribui para um melhor abastecimento interno e diminui a necessidade de importações (LUCENA et al., 2016).

A técnica de vernalização pré-plantio, desenvolvida por pesquisadores brasileiros, consiste em submeter o alho-semente em câmara fria com temperatura de 3 a 5 °C, por um período de 40 a 60 dias. O processo possibilita o plantio de cultivares nobres de alho originárias da Argentina e do Sul do Brasil em regiões onde as condições termofotoperiódicas não satisfazem as exigências da planta (MACÊDO et al., 2009).

Durante a frigidificação dos bulbilhos em pré-plantio, ocorrem alterações no balanço hormonal, que resulta no aumento de giberelinas livres e citocininas (SOUZA; MACÊDO, 2009; WU et al., 2016). Essas substâncias estão relacionadas com a quebra da dominância apical, crescimento de gemas laterais e diferenciação de tecidos (LUCENA et al., 2016).

Várias pesquisas concluíram que antes mesmo que o alho seja submetido à câmara de vernalização, é necessário que o mesmo atinja um Índice Visual de Superação de Dormência (IVD) de 25%. O IVD é uma medida que permite vincular a qualidade fisiológica dos bulbilhos para o plantio, sendo um índice entre a longitude da folha de brotação e a longitude total da folha de reserva, em um corte longitudinal pela sua fase convexa (MULLER, 1982). Deste modo, no momento do plantio o ideal é que esse índice seja igual ou maior que 70%, onde a dormência já não representa problema e a planta se torna menos exigente em fotoperíodo longo para bulbificação, ou seja, enchimento dos bulbilhos (DUFOO-HURTADO et al., 2015).

## **2.5 Florescimento e produção de sementes de alho**

Atualmente, apenas algumas plantas de alho ainda se reproduzem por sementes e são encontradas somente perto do seu centro de origem (ETOH et al., 1988). As sementes são produzidas na inflorescência, na parte superior, e são obtidas sob condições ambientais favoráveis, caso contrário, elas não germinam (LOPEZ-BELLIDO et al., 2016). Portanto, a haste floral é responsável pela produção das sementes (sementes botânicas), necessária basicamente para o melhoramento genético.

Nos últimos anos vários pesquisadores estão convictos de que o alho é estéril, e sua propagação é realizada assexuadamente, através de bulbilhos (MAYER; GOLDSTEIN,

2019). Os bulbilhos armazenam os nutrientes para que a planta inicie a emergência a partir do plantio. A principal causa da esterilidade da espécie se deu pela busca constante por bulbos maiores ao longo de sua domesticação, e fez com que plantas com inflorescências fossem eliminadas ao longo do tempo (BLOCK, 2010). A emissão da haste floral significa que a cultivar de alho está adaptada à região, atingindo até 1 m de comprimento dependendo da cultivar, e possui no ápice uma umbela com bulbilhos aéreos (ETOH et al., 1988).

A haste floral na maioria das vezes causa incertezas quanto a sua presença. Ela é desejável quando se refere ao aspecto do bulbo, mas ao mesmo tempo deixa de ser importante quando se busca maior produção, pois na maioria dos casos utiliza nutrientes que seriam necessários para a produção do bulbo, formando bulbilhos aéreos (ROTEM et al., 2007). Portanto, sua presença pode influenciar a produção final do alho. Estudos realizados em Botucatu, SP, demonstraram que algumas cultivares apresentam diferença significativa de produção quando a haste é eliminada logo após a emissão em condições de campo, sendo que no Brasil, a retirada é realizada como um manejo essencial (BLOCK, 2010).

Alguns clones de alho têm uma tendência para produzir escapo floral, enquanto outros perderam essa capacidade, sendo que alguns apresentam resposta intermediária (pendoamento intermediário). Para os tipos com presença de pendão floral, o meristema apical do escapo diferencia-se em botões florais intercalados com bulbilhos (ROTEM et al., 2007). Como ocorre em cebola e em outras espécies de *Allium*, as flores perfeitas de *A. sativum* são compostas por seis pétalas, seis anteras e três lóculos com dois óvulos cada (SIMON; JENDEREK, 2003). Entretanto Etoh e Simon (2002) apontam que, mesmo com a presença do escapo floral, a maioria das cultivares de *A. sativum* não podem desenvolver flores completamente maduras.

Porém, vale ressaltar, que há pesquisas apontando que em condições adequadas de temperatura, fertilidade, umidade do solo e boa disponibilidade de luz solar (fotoperíodo), a planta pode formar escapo floral e produzir sementes (WU et al., 2016). No Brasil, existem alguns clones que florescem, mas a maior parte das pesquisas aponta para a produção de bulbilhos aéreos. Nos países de origem da planta, onde o inverno é muito rigoroso e a primavera favorável ao bom desenvolvimento da planta, o alho floresce e chega a produzir sementes verdadeiras. Essas sementes são pretas, pequenas e semelhantes às de cebola. As sementes verdadeiras têm interesse em programas de melhoramento e na obtenção de plantas livres de vírus (ETOH; SIMON, 2002).

Tal como acontece com qualquer espécie vegetal que é repetidamente propagada, principalmente por meios assexuados e durante um período prolongado, a diversidade genética e a adaptação são severamente limitadas, e a espécie está, em última análise, em risco (FERNANDES et al., 2013). Mutações assexuadas esporádicas podem aumentar a diversidade em um grau limitado, quando comparado com a propagação sexual. O plantio existente também sofre frequentemente com a infestação de pragas e doenças. A maioria das cultivares de alho, por exemplo, carrega algum grau de infecção viral que é transmitida durante a propagação assexuada. Alho proveniente de plantas produzidas por sementes pode reduzir ou eliminar doenças e pragas, e aumentar significativamente o vigor e o rendimento das plantas (ETOH; SIMON, 2002).

Para o alho destinado à produção de sementes, a senescência deve ser retardada pelo maior tempo possível e as plantas devem receber água suficiente. A fertilização continuada também pode ser útil (JENDEREK; HANNAN, 2000).

Quando uma planta de alho amadurece, o escapo emerge e primeiro se enrola, desenrolando-se à medida que sua umbela se desenvolve. As umbelas de alho têm bulbos para reprodução assexuada e flores para reprodução sexual. Bulbos e flores competem pelos recursos da planta. Com certas exceções, se a planta for deixada sozinha, os bulbilhos absorvem todos os nutrientes, as flores murcham e morrem antes de poderem produzir sementes. Os bulbilhos devem ser removidos da umbela para inclinar a balança com vista a produção de sementes (ETOH; SIMON, 2002). A remoção dos bulbilhos aéreos permite que as flores se desenvolvam, alcancem a antese e produzam sementes. Curiosamente, nas gerações subsequentes de plantas produzidas por sementes, os bulbilhos são, em geral, muito menores, e podem não necessitar de remoção para a produção bem-sucedida de sementes (JENDEREK; HANNAN, 2000).

Algumas variedades, condicionadas por baixas temperaturas e fotoperíodo curto, podem emitir um escapo floral (40 a 50 cm de comprimento) terminando em uma inflorescência (umbelas) contendo bulbilhos e flores perfeitas, normalmente estéreis (ROTEM et al., 2007). Nas condições climáticas de algumas regiões do Brasil o alho pode florescer e, conseqüentemente, produzir sementes botânicas, condicionado pela retirada dos bulbinhos aéreos das inflorescências.

## 2.6 Caracterização físico-químicas

A análise físico-química do alho indica se o produto é mais apropriado ao consumo *in natura* ou para a indústria (CHITARRA; CHITARRA, 2005) e também, a melhor época para a realização da colheita (OLIVEIRA et al., 2004). Variáveis como pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez titulável, açúcares solúveis totais, sólidos totais, pungência, índice industrial, dentre outros, são importantes para a determinação da qualidade do alho (SOARES, 2013; LOPES et al., 2016a; LUCENA et al., 2016a).

O pH é um indicativo de sabor de uma hortaliça, tendo relação inversa à acidez. Contudo, a capacidade tampão de alguns sucos permite que ocorram grandes variações na acidez titulável, sem variações apreciáveis no pH, que pode ser observado na cultura do alho (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Enquanto a acidez é atribuída principalmente aos ácidos orgânicos, que contribuem para o aroma característico, por apresentar componentes voláteis, além de compostos fenólicos, que apresentam caráter ácido, podendo contribuir para a acidez e adstringência. De acordo com vários estudos, quanto mais elevada for a acidez, melhor será a característica industrial do alho (LOPES et al., 2016a; LUCENA et al., 2016b).

A determinação do teor de sólidos solúveis também é de grande importância, pois nesta fração encontram-se os açúcares responsáveis em parte pelo sabor característico do alho (LOPES et al., 2016a; LUCENA et al., 2016b). Os açúcares presentes nas espécies do gênero *Allium*, incluindo o alho, são glicose (1,0%), frutose (1,5%) e sacarose (1,0-1,5%), juntamente com uma série de oligossacarídeos (SOUZA; MACÊDO, 2009).

O valor de sólidos totais do alho em comparação com outras hortaliças (cebola, cenoura, pimentão, tomate) é bastante acentuado, apresentando as melhores perspectivas para a desidratação, devido ao maior rendimento comparativo, ou seja, obtém-se maior quantidade de alho desidratado por peso de matéria prima utilizada (SOUZA; MACÊDO, 2009).

A determinação do teor de ácido pirúvico nos extratos de alho é um dos meios mais simples para aferir a intensidade da pungência. Este é um fator essencial na escolha da matéria-prima, pois quanto maior, mais pungentes são o sabor e aroma do produto acabado, o que é desejado pelos consumidores (VARGAS et al., 2010; LOPES et al., 2016a; LUCENA et al., 2016a).

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O alho é uma das hortaliças mais consumida no Brasil, porém, a produção nacional não corresponde a demanda do mercado. Isto resulta na necessidade de grandes volumes de importações da cultura, que se tornam dispendiosos para o agricultor nacional, visto que o alho importado é mais barato que o produzido internamente. Estudos que viabilizem a competitividade do alho nacional são de grande importância para o agronegócio da cultura, com aumento da produtividade e melhoria da qualidade.

O processo de florescimento de alho é a fase primordial para a obtenção de sementes botânicas, para manutenção da variabilidade e o melhoramento genético, garantindo deste modo, o aumento da produtividade e melhoria na qualidade físico-química do alho. Para isso, torna-se imprescindível a identificação de genótipos superiores e com capacidade de produção de sementes botânicas, o que poderá otimizar a competitividade do alho nacional frente ao alho importado.

## REFERÊNCIAS

- ANAPA. Associação Nacional dos Produtores de Alho. **Safra 2019**. Disponível em: <<https://anapa.com.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2019.
- ARZANLOU, M.; BOHLOOLI, S. Introducing of green garlic plant as a new source of allicin. **Food chemistry**, v. 120, p. 179-183, 2010.
- ASTORGA-QUIRÓS, K.; ZÚÑIGA-VEJA, C.; RIVERA-MÉNDEZ, W. Isolation and identification of pathogens of wild garlic (*Allium sativum* L.). **Tecnología en marcha**, Costa Rica, v. 27, p. 77-84, 2014.
- BIESDORF, E.M.S.; J.S.; BIESDORF, E.M.; OLIVEIRA, O.J.; DEL CONTE, M.V. Desempenho agrônômico de cultivares de alho vernalizado e não vernalizado na região Sudeste de Mato Grosso. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, p. 44-48, 2015.
- BLOCK, E. **Garlic and other alliums: The lore and the Science**. New York: Royal Society of Chemistry, 2010.
- BRASIL. Ministro de Estado da Agricultura e Reforma Agrária. **Portaria N.º 242, de 17 de setembro de 1992**. Disponível em: <[http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/alho242\\_92.](http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/alho242_92.)>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- CARVALHO, M.G. Viroses do alho. **Fitopatologia Brasileira**, n. 6, p. 299-300, 1981.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita e frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA: ESAL/ FAEPE, 2005.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2018**. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_03\\_11\\_17\\_12\\_15\\_alhojaneiro2018pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_03_11_17_12_15_alhojaneiro2018pdf) >. Acesso em: 10 jan. 2018.
- CUNHA, C.P.H.; E.S.; ZUCCHI, M.I.; MONTEIRO, M.; PINHEIRO, J.B. New microsatellite markers for garlic, *Allium sativum* (Alliaceae). **Am J Bot**, v. 99, n. 1, p. e17-9, jan. 2012.
- DUFOO-HURTADO, M.D. et al. Low temperature conditioning of garlic (*Allium sativum* L.) “seed” cloves induces alterations in sprouts proteome. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 332, 2015.
- ETOH, T.N.Y.; NISHITARUMIZU, Y.; WAKOMOTO, T. Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet Central Asia. **Mem. Fac. Agr.**, Kagoshima University, v. 24, p. 29-39, 1988.
- ETOH, T.; SIMON, P.W. Diversity, fertility and seed production of garlic. In: **Allium Crop Science: Recent Advances**. CAB International, 2002. Disponível em: <[www.faostat.org](http://www.faostat.org)>. Acesso em: 19 jan. 2019.

FERNANDES, R.F.; DUSI, A.N.; RESENDE, F.V. **Viroses do alho no Brasil: importância e principais medidas de controle**. Embrapa /MAPA. 2013. p.1-9. (Circular Técnica).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sidra**. Levantamento 2018. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

JABBES, N.A.I.; AUGER, J.; DRIDI, B.A.L. M.; HANNACHI, C. Agro-morphological markers and organo-sulphur compounds to assess diversity in Tunisian garlic landraces. **Scientia horticultrae**, p. 47-54, 2012.

JENDEREK, M.M.; HANNAN, R.M. Capacidade de produção de sementes de clones de alho (*Allium sativum* L.) de duas coleções públicas da U.S. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ALLIACEAE COMESTÍVEL, 3., 2000, Universidade da Geórgia, Atenas, Geórgia. **Anais...** Atenas, Geórgia, 2000. p. 73-75.

KAMENETSKY, R. S. et al. Environmental Control of Garlic Growth and Florogenesis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, n. 2, p. 144-151, 2004.

LACERDA, C.F.D.; FILHO, J.E.; PINHEIRO, C.B. **Fisiologia Vegetal**. Fortaleza-Ceará, 2007. (Apostila).

LOPEZ-BELLIDO, F.J. et al. New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). **Annals of Applied Biology**, v. 169, n. 3, p. 423-439, 2016.

LUCENA, R.R. et al. Qualitative Analysis of Vernalized Semi-Noble Garlic Cultivars in Western Rio Grande do Norte State, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 764-773, 2016b.

MACÊDO, F.S.S. et al. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 657-663, 2009.

MAYER, E.S.; GOLDSTEIN, R.K. Recent Advances in Sexual Propagation and Breeding of Garlic. **Horticultural Reviews**, v. 46, p. 1-38, 2019.

MENEZES SOBRINHO, J.A. de; LOPES, C.A.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CHARCHAR, J. M.; CRISOSTOMO, L.A.; CARRIJO, O.A.; BARBOSA, S. **A cultura do alho**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1993.

MUELLER, S.K.; C.L.; MONDARDO, M. Produtividade, qualidade e lucro em função de espaçamentos de plantio e pesos de bulbilhos-sementes de alho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 11, p. 52 - 55, 1998.

OLIVEIRA, F.L.; DORIA, H.; TEODORO, R.B.; RESENDE, F.V. Características agronômicas de cultivares de alho em Diamantina. **Horticultura Brasileira**, v. 28. p. 355-359, 2010.

POOLER, M.R.; SIMON, P.W. Garlic flowering in response to clone, photoperiod, growth temperature, and cold storage. **HortScience**, v. 28, p. 1085-1086, 1993.

REINA-PINTO, J.J.; YEPHREMOV, A. Surface lipids and plant defenses. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 47, p. 540-549, 2009.

RESENDE, F.V.; DUSI, A.N.; MELO, W.F. **Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades**. Brasília, DF: Embrapa - CNPH, 2004a. p. 12.

RESENDE, F.V.; HABER, L.L.; PINHEIRO, J.B. **Sistema de produção de alho**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2016.

ROSA, R. **Caracterização fenológica da cultura do alho**. 2015. 55 p. TCC. (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2015.

ROTEM, N.S. et al. Reproductive development and phenotypic differences in garlic are associated with expression and splicing of LEAFY homologue gaLFY. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 5, p. 1133-1141, 2007.

SIMON, P.W.; JENDEREK, M.M. Flowering, seed production and the genesis of garlic breeding. **Plant breeding reviews**, Oxford, Reino Unido, v. 23, p. 211-214, 2003.

SOUZA, R.J.D.; MACÊDO, F.S. **Cultura do alho: técnicas modernas de produção**. Lavras: UFLA, 2009. p. 181.

STANGARLIN, J. R. et al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaeniv.**, 10, p. 18-46., 2011.

TCHÓRZEWSKA, D.L.; R.; GRUSZECKI, W.I.; WINIARCZYK, K. Comparative studies of live tapetum cells in sterile garlic (*Allium sativum*) and fertile leek (*Allium ampeloprasum*) using the fluorescence lifetime imaging analytical method. **South African Journal of Botany**, v. 117, p. 222-231, 2018.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica – Organografia: Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2003. p. 124.

WU, C.W.; M.; CHENG, Z.; MENG, H. Response of garlic (*Allium sativum* L.) bolting and bulbing to temperature and photoperiod treatments. **Biol Open**, v. 5, n. 4, p. 507-18, Apr 15, 2016.

## CAPITULO 2 - DESEMPENHO AGRONÔMICO, FLORESCIMENTO, QUALIDADE E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM ACESSOS DE ALHO

### RESUMO

A avaliação de genótipos de alho é muito importante na busca por cultivares superiores, adaptadas e com capacidade de florescimento para produção de sementes botânicas. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar acessos experimentais de alho quanto ao seu desempenho agrônômico, capacidade de florescimento e a divergência genética entre os mesmos. O experimento foi implantado na área experimental do setor de olericultura da Universidade Federal de Lavras, município de Lavras, MG, em maio de 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 13 tratamentos (genótipos) e quatro repetições. Foram avaliados a emergência, o índice de velocidade de emergência, a altura da planta, a porcentagem de superbrotamento, o peso médio de bulbo comercial, o número de bulbilhos por bulbo, o rendimento total, o rendimento comercial, a porcentagem de florescimento e o comprimento e o diâmetro de escapo floral. Além disso, realizou-se a avaliação de características físico-químicas (sólidos solúveis, pH e acidez titulável) e a classificação dos bulbos produzidos, baseado em seus tamanhos. Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ), e quando significativos os efeitos dos genótipos, suas médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott à 5% de significância. Também se procedeu o estudo da divergência por meio de análise multivariada, adotando-se a técnica de variáveis canônicas. A análise de variância indicou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos para o índice de velocidade de emergência, porcentagem de florescimento, diâmetro de escapo floral, comprimento de escapo floral e rendimento comercial. O maior rendimento comercial e porcentagem de florescimento foram observados no acesso RAL (8,82 t.ha<sup>-1</sup>) e DDR 6024 (80,92%), respectivamente, os quais diferiram apenas das cultivares. Todas as características físico-químicas apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação aos genótipos. Os maiores valores de acidez titulável, pH, sólidos solúveis relação sólidos solúveis/acidez titulável foi observado nos genótipos Quitéria (1,29%), RAL 159 (6,43), RE 493099 (33,50%) e Caçador (71,85%), respectivamente. Em relação à classificação comercial dos bulbos, verificou-se maior concentração nas classes 3, 4 e 5. Os acessos experimentais apresentaram quantidades superiores as cultivares comerciais em todas estas classes. A maior divergência genética foi verificada entre os acessos experimentais e as cultivares comerciais, existindo uma variação entre os acessos RAL 159, UO 73 e RAL 751 com os demais acessos experimentais influenciados pela relação sólidos solúveis/acidez titulável. De forma geral, os acessos mostraram superioridade agrônômica em relação as cultivares comerciais, sendo mais produtivos, com mais percentual de florescimento e melhor qualidade físico-química, caracterizando-se, deste modo, como potenciais genótipos para melhoramento genético e cultivo de alho.

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L. Produtividade. Sementes.

## ABSTRACT

The evaluation of garlic genotypes is very important in the search for superior cultivars, adapted and with flowering capacity for the production of botanical seeds. In this sense, the objective of the present work was to characterize experimental accessions of garlic as to its agronomic performance, flowability and genetic divergence among them. The experiment was carried out in the experimental area of the olericulture sector of the Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil, in May 2018. The experimental design was a randomized complete block with 13 treatments (genotypes) and four replicates. The emergence, emergence speed index, plant height, percentage of burdock, average commercial bulb weight, number of bulbs per bulb, total yield, commercial yield, flowering percentage and length and diameter of floral scape. In addition, the physical-chemical characteristics (soluble solids, pH and titratable acidity) and the classification of the bulbs produced were evaluated based on their sizes. The data were submitted to analysis of variance ( $p < 0.05$ ), and when significant the effects of the genotypes, their means grouped by the Scott-Knott test at 5% of significance. We also proceeded to study the divergence by means of multivariate analysis, adopting the technique of canonical variables. The analysis of variance indicated significant differences ( $p < 0.05$ ) among the genotypes for the rate of emergence, blooming percentage, floral scape diameter, floral scape length and commercial yield. The highest commercial yield and flowering percentage were observed in RAL access (8.82 t.ha<sup>-1</sup>) and DDR 6024 (80.92%), respectively, which differed only from the cultivars. All physical-chemical characteristics presented significant differences ( $p < 0.05$ ) in relation to the genotypes. The highest values of titratable acidity, pH, soluble solids soluble solids ratio / titratable acidity were observed in the genotypes Quitéria (1.29%), RAL 159 (6.43), RE 493099 (33.50%) and Caçador (71, 85%), respectively. Regarding the commercial classification of bulbs, there was a higher concentration in classes 3, 4 and 5. Experimental accesses showed higher amounts than commercial cultivars in all these classes. The highest genetic divergence was observed between the experimental accessions and the commercial cultivars. There was a variation between the RAL 159, UO 73 and RAL 751 accessions with the other experimental accesses influenced by the solid soluble / titratable acidity ratio. In general, the accesses showed superior agronomic performance in relation to the commercial cultivars, being more productive, with more flowering percentage and better physical-chemical quality, characterizing in this way as potential genotypes for genetic improvement and garlic cultivation.

**Key words:** *Allium sativum* L. Productivity. Seeds.

## 1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma espécie exclusivamente apomítica obrigatória, sendo propagada apenas vegetativamente, em virtude da sua inviabilidade de se propagar sexuadamente (MAYER; GOLDSTEIN, 2019). Para a produção comercial são utilizados bulbilhos de bulbos subterrâneos, ou menos frequente, mini bulbos, presentes nos escapos florais ou inflorescências (NOVAK, 1972; EINAT et al., 2015). Entretanto, a multiplicação por meio assexuado, utilizando-se bulbilhos, sementes originárias da produção anterior, sem desinfecção prévia, gera o problema de acúmulo viral através das gerações, fato este denominado degenerescência, que tem contribuído significativamente para a baixa produtividade do alho (OLIVEIRA et al., 2010).

A causa da inviabilidade da produção de sementes botânicas do alho é atribuída a vários mecanismos possíveis (ETOH, 1985; Mayer; Goldstein, 2019), o desenvolvimento dos botões florais do alho não serem capazes de competir com os bulbilhos aéreos, que surgem em rápido crescimento nas inflorescências (Koul; Gohil, 1970; Chaturvedi et al., 2018); o saco polínico poder degenerar-se antes da mitose do pólen (NOVAK, 1972; Winiarczyk; Gebura, 2016); doenças degenerativas (Konvicka et al., 1978); ou mesmo anormalidades morfológicas já observadas em flores do alho, as quais podem interferir na reprodução sexual e contribuir para a esterilidade da espécie (Etoh; Ogura, 1977; Tchorzewska et al., 2018).

Durante o processo de domesticação, o alho foi propagado assexuadamente por muitas gerações, o que pode ter resultado em acumulações de aberrações cromossômicas, como aneuploidia, e translocações e/ou inversões, que podem ter contribuído para reduzir a incidência de gametas férteis (Kamenestsky, 2005). Portanto, o melhoramento da espécie, visando a obtenção de novas cultivares, somente é possível através da seleção de variantes resultantes de mutações naturais ou induzidas por cultura de tecidos (Konvicka et al., 1978). Todavia, a reprodução sexual, seja natural ou facilitada pelo ser humano, é a forma mais barata e fácil para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético do alho.

O florescimento do alho, para posterior produção de sementes botânicas, é uma solução para gerar maior variabilidade genética, com plantas livre de vírus, e de alguma forma poderia contribuir para o aumento do rendimento. Entretanto, as cultivares comerciais disponíveis no mercado perderam a capacidade de florescimento. Isso foi condicionado pela

seleção, visando melhor rendimento de bulbo, incluindo a eliminação da haste floral nesta seleção, de forma a reduzir a disputa de nutriente entre a inflorescência e os bulbos (MAYER; GOLDSTEIN, 2019). Esse fenômeno teve uma contribuição bastante significativa na ocorrência de varias doenças, principalmente as viroses, favorecidas pelo uso contínuo dos mesmos materiais genéticos, o que contribuiu para reduções na produtividade do alho (OLIVEIRA et al., 2010).

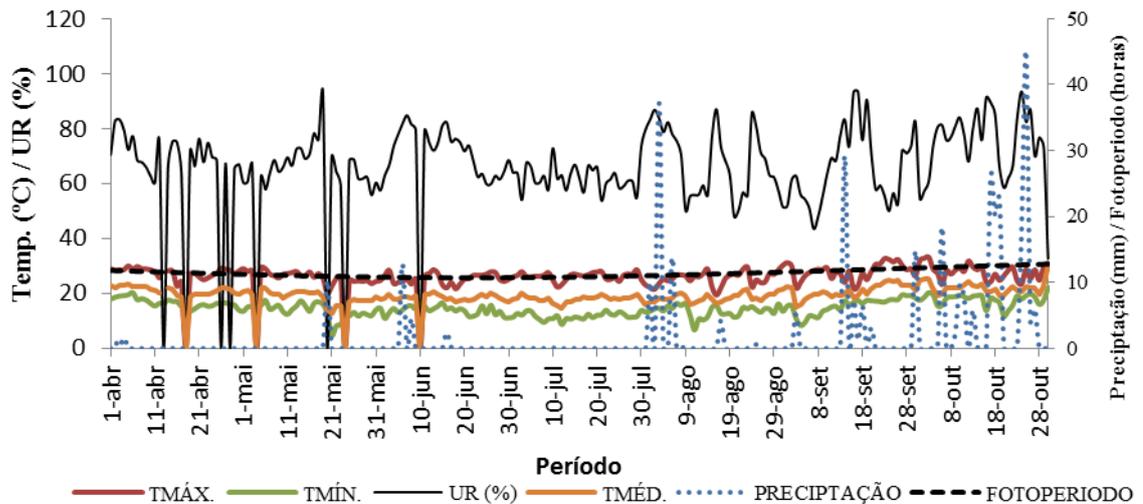
Atualmente, uma das formas de reduzir, ou mesmo eliminar a carga viral, com vista ao aumento do rendimento, tem sido o uso da tecnologia de cultura de tecidos. Porém, além de onerosa e trabalhosa, a técnica requer mão de obra especializada, o que é muitas vezes inviável para pequenos e médios produtores de alho (MACÊDO et al., 2009). Estudar a divergência genética em alho, permite identificar a variabilidade genética dos genótipos em relação às varias características que se pretende estudar (IPEK; SIMON, 2001). Em um possível florescimento viável, informações sobre a divergência genética permitirão estabelecer recombinações por meio de cruzamentos que potencializem o aumento da diversidade genética nas gerações subsequentes.

A busca pela produção de sementes botânicas é a forma mais viável e acessível para se estabelecer um sólido programa de melhoramento genético com a cultura do alho. Isso facilita a produção de plantas livres de vírus e, conseqüentemente, mais produtivas. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho agrônômico, a capacidade de florescimento, e a divergência genética dos acessos de alho nas condições edafoclimáticas do sul de Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental do Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, localizada em Lavras (21°13'20,54'' de latitude sul, 44° 58' 7,99'' de longitude oeste e altitude de 910 m), região sul do Estado de Minas Gerais. O clima local, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado subtropical (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, caracterizado por uma estação seca de abril a setembro e uma estação chuvosa de outubro a março (BRASIL, 1992). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico, com textura argilosa, com 33% de areia, 18% de silte e 49% de argila (CURI et al., 2017). Os dados climáticos da região são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa, precipitação e fotoperíodo no município de Lavras, MG, referentes ao período de abril a outubro de 2018.



Fonte: Do autor (2019).

O trabalho foi realizado com 11 acessos experimentais do banco de germoplasma de alho da Embrapa Hortaliças (DDR 6024, RAL 159, RAL 75, RAL 751, RAL 27, RE 518-1, DDR 6811, RE 6820, RE 493099, RE PSK e UO 73) e duas cultivares comerciais (Caçador e Quitéria), usadas como tratamentos controle. Os acessos experimentais utilizados no estudo foram provenientes da Universidade de Wisconsin/EUA, indicados com aptidão para produção de sementes botânicas. Esses acessos conseguiram se desenvolver e produzir bulbos nas condições climáticas do Distrito Federal, Brasil. Em 1997, trabalhos preliminares

indicaram o potencial de produção de sementes verdadeiras destes 11 acessos, utilizando-se técnicas de vernalização de bulbos associadas à extração manual dos bulbilhos aéreos das inflorescências (JENDEREK et al., 2000).

Os bulbos de alho-semente foram submetidos a um processo de vernalização por 50 dias em câmara frigorífica a temperatura de  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 70%. Os bulbos foram retirados da câmara fria uma semana antes do plantio para a realização da debulha. Após a debulha, os bulbilhos foram classificados por tamanho, conforme Regina e Rodrigues (1970), e apenas aqueles retidos nas peneiras 1 e 2 foram utilizados para plantio do experimento.

O experimento foi conduzido entre os meses de maio e outubro de 2018, em delineamento experimental de blocos casualizados, com 13 tratamentos e 4 repetições. As parcelas foram constituídas por canteiros de 0,2 m de altura, 1,0 m de largura e 2,0 m de comprimento, com 4 linhas simples de plantio, totalizando  $2\text{ m}^2$ / parcela com 76 plantas totais, sendo 19 plantas por linha. Os bulbilhos foram plantados a uma profundidade de 0,05 m, com espaçamento de 0,20 m entre linhas e 0,10 m entre plantas.

No preparo do solo foi constituída uma aração e gradagem, seguida do levantamento dos canteiros. A adubação de plantio foi feita com NPK (4-14-8),  $150\text{ g/m}^2$ . A mesma foi feita juntamente com uma adubação na base de composto, nas quantidades de  $20\text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ . As adubações de cobertura foram realizadas em duas aplicações, uma aos 30 dias e outra aos 60 dias após o plantio, com o sulfato de amônio, nas proporções de  $10\text{ g/m}^2$ , correspondendo a  $400\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

O sistema de irrigação foi de microaspersão, com vazão de  $27\text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$  por microaspersor, pressão de 200 KPa, e a quantidade de água aplicada estimada de acordo com a evapotranspiração da cultura. As capinas foram realizadas manualmente sempre que foi necessário, de modo que as plantas permanecessem sempre em área limpa, as capinas foram feitas manualmente entre plantas e com o auxílio de enxadas entre canteiros. Foram realizadas 2 pulverizações preventivas aos 30 e 45 dias após o plantio para controle de doenças foliares como mancha púrpura usando fungicida (Rovral SC) e 1 aplicação aos 60 dias, para controle tripés, usando inseticidas (Danimen EC).

A colheita dos bulbos foi feita aos 140 dias, após se verificar o amarelecimento e seca de 2/3 da parte aérea. No ato, foram deixadas em cada linha, 5 plantas com escapo floral, para a produção de sementes botânicas. As plantas colhidas foram submetidas ao processo de 'pré-cura', permanecendo por três dias a céu aberto, protegidas da radiação direta do sol. Em

seguida, as plantas foram armazenadas por 30 dias no galpão (ambiente seco e arejado), sendo posteriormente avaliados para produção e qualidade de bulbos. Após a cura foi feito o toaleta dos bulbos e classificação dos mesmos, segundo portaria nº 242 de 17/09/1992 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com os respectivos diâmetros: classe 3 (de 32 a 37 mm); classe 4 (de 37 a 42 mm); classe 5 (de 42 a 47 mm); classe 6 (de 47 a 52 mm) e classe 7 (maiores que 52 mm). Sendo classificados como comerciais os bulbos com diâmetro transversal acima de 32 mm (MAPA, 1992).

Foram avaliados o índice de velocidade de emergência, por meio de contagem diariamente de plantas emergidas em todas as parcelas, durante sete dias após a emergência das primeiras plântulas, calculado de acordo com Maguire (1962); a emergência, por meio de contagem de plantas que emergiram aos 25 dias após o plantio, e o resultado expresso em porcentagem (%); a altura da planta avaliada aos 115 dias após o plantio, medida pela distância entre o nível do solo até a extremidade da folha mais comprida, e os resultados expressos em centímetro (cm); a porcentagem de florescimento observada e contabilizada as plantas que emitiram a haste floral por parcela, sendo resultado expresso em porcentagem (%); o comprimento e diâmetro de escapo floral (cm e mm); o peso médio do bulbo comercial (gr/bulbo); o número de bulbilhos por bulbo, selecionados de forma aleatória 20 bulbos por parcela e debulhados, em seguida os bulbilhos foram contabilizados e agrupados, achou-se a média, sendo os valores ajustados e expressos em bulbilho/bulbo; o rendimento total e comercial, sendo o rendimento total avaliado a partir da pesagem de toda produção da parcela, e o comercial sendo avaliados os bulbos que apresentaram boas condições fitossanitárias e fisiológicas com valor comercial segundo a classificação estabelecida pelo MAPA e os resultados expressos em ( $t \cdot ha^{-1}$ ). Também foram realizadas as análises físico-químicas de acidez titulável, pH e os sólidos solúveis. A determinação da acidez titulável foi realizada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, usando como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2005). Utilizou-se 5 g de pasta de alho, diluída em água destilada até o volume de 20 ml. Adicionou-se duas gotas de fenolftaleína alcoólica a 1%. Os resultados foram expressos em g de ácido pirúvico (ácido predominante) por 100g. O pH foi determinado utilizando-se um pH metro Schott Handylab, segundo técnica da AOAC (2012). Os sólidos solúveis totais foram determinados por refratometria, e foi utilizado o refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática a 25 °C, segundo Instituto Adolfo Lutz (2005) e os resultados expressos em

porcentagem. Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) obtida pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ), e quando significativo os efeitos dos genótipos, as médias dos tratamentos foram agrupadas utilizando-se o teste Scott-Knott, adotando-se o nível de 5% de significância.

Também foi realizada a análise multivariada dos dados, considerando as características com efeito significativo ( $p < 0,05$ ) pela ANOVA, exceto os dados de classificação de bulbos. A finalidade desta análise foi verificar o grau de similaridade e dissimilaridade entre os tratamentos, o qual foi estudado por meio de variáveis canônicas.

As análises dos dados foram executadas utilizando-se o *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância (TABELA 1) foi observado efeito significativo dos genótipos para o índice de velocidade de emergência (IVE), o rendimento comercial (RC), a porcentagem de florescimento (PF), o comprimento de escapo floral (CEF) e o diâmetro de escapo floral (DEF), o que indica diferenças significativas entre os mesmos em relação a estas variáveis, e que serão abordadas detalhadamente neste trabalho. Não houve efeito significativo dos tratamentos para a emergência, altura de planta (AP), porcentagem de superbrotamento (PS), peso médio de bulbos comerciais (PMBC) e o rendimento total (RT). As variáveis apresentaram coeficientes de variação entre 7,57 e 27,26%, o que indica uma precisão aceitável do ensaio, conforme o delineamento adotado.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características emergência, índice de velocidade de emergência, altura da planta (AP), porcentagem de superbrotamento (PS), peso médio de bulbos comerciais (PMBC), número de bulbilho por bulbo (NB), rendimento total (RT), rendimento comercial (RC), porcentagem de florescimento (PF), comprimento de escapo floral (CEF) e diâmetro de escapo floral (DEF) em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

		Quadrados médios					
		Germinação e morfologia					
FV	GL	Emergência (%)	IVE	AP (cm)	PS (%)	PMBC (gr/bulbo)	NB
Bloco	3	0,121	121,630	66,939	84,536	19,273	1,641
Genótipo	12	0,017 <sup>ns</sup>	32,439*	33,484 <sup>ns</sup>	0,927 <sup>ns</sup>	19,141 <sup>ns</sup>	1,898 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	0,011	6,288	32,642	0,804	25,110	0,779
CV (%)		7,57	7,93	10,84	27,26	16,12	8,36

		Quadrados médios				
		Produtividade e florescimento				
FV	GL	RT (t.ha <sup>-1</sup> )	RC (t.ha <sup>-1</sup> )	PF (%)	CEF (cm)	DEF (mm)
Bloco	3	13,584	13,702	190,910	320,650	194,073
Genótipo	12	1,246 <sup>ns</sup>	18,086*	921,790*	119,720*	16,012*
Resíduo	36	12,170	15,039	83,220	60,870	35,255
CV (%)		12,92	16,65	14,5	16,47	19,46

\* significativo e ns não significativo (P<0,05).

Fonte: Do autor (2019).

Os maiores valores de IVE foram observados para cultivar Caçador, com média de 35,28 (TABELA 2). Este tratamento diferiu estatisticamente apenas dos acessos RAL 27, UO 73, RE PSK e RE 6820, os quais apresentaram os menores valores de IVE (TABELA 2). É

importante ressaltar, que as cultivares Caçador e Quitéria são os genótipos mais precoces dentre os tratamentos testados, com ciclos variando entre 120 e 135 dias, enquanto para demais acessos, o ciclo carece de mais estudos (RESENDE et al., 2016). Acessos experimentais com IVE semelhante às cultivares comerciais é uma característica favorável, pois isso pode indicar maior precocidade destes materiais.

Tabela 2 - Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta (AP) e porcentagem de superbrotamento (PS) em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

Genótipo	Emergência (%)	IVE	AP (cm)	PS (%)
Caçador	97,92	35,28 a	57,91	59,38
DDR 6024	97,92	34,28 a	52,47	54,51
DDR 6811	97,22	32,93 a	55,18	59,38
Quitéria	95,83	32,64 a	52,12	42,71
RAL 159	96,53	31,04 a	59,16	44,10
RAL 27	93,06	30,15 b	50,55	38,19
RAL 75	97,92	31,91 a	51,55	44,45
RAL 751	94,79	33,26 a	48,09	53,82
RE 493099	94,45	32,13 a	51,61	54,86
RE 518-1	97,92	34,67 a	54,53	46,88
RE 6820	87,50	26,67 b	50,63	56,94
RE PSK	89,24	27,93 b	54,38	39,58
UO 73	92,01	27,49 b	56,63	54,17

As médias seguidas pela mesma letra, não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ )

Fonte: Do autor (2019).

Trenhago et al. (2011) relatam que fatores como região, clima, temperatura e vernalização, influenciam diretamente na aceleração da emergência do alho. Quando há resposta positiva a esses fatores, ocorre ligeira aceleração na emergência. A diferença encontrada entre os genótipos pode ter sido influenciada por um ou mais desses fatores mencionados. Tal diferença pode ser atribuída à variabilidade genética, ou a resposta diferenciada dos genótipos ao ambiente, ou a qualidade do bulbilho-semente (TCHÓRZEWSKA et al., 2018). Esta forma de propagação é baseada no uso de bulbilhos-semente, os quais podem estar em estado de maturação fisiológica diferenciada. A maturação é influenciada principalmente por fatores como fotoperíodo, temperatura, altitude elevada, fertilidade do solo e manejo da irrigação, que podem interferir no desenvolvimento das cultivares (OLIVEIRA et al., 2010).

Os acessos experimentais apresentaram maior rendimento comercial em relação às cultivares comerciais (TABELA 3). A maior quantidade de descarte verificado nas cultivares

comerciais, devido a produção de maior número de bulbos pequenos, influenciou bastante na avaliação, visto que, ao considerar o rendimento total, não houve diferença significativa entre os genótipos. Do ponto de vista da média produtiva, os resultados mostram que nas mesmas condições de produção, os acessos experimentais tiveram melhor desempenho que as cultivares comerciais Quitéria e Caçador.

Apesar dos rendimentos comerciais dos acessos experimentais terem sido superiores aos das cultivares comerciais, tais valores são inferiores aos observado por Ávila (2017) no município de Lavras. Em seu trabalho, este autor avaliou cultivares nobres provenientes de cultura de meristemas de entre elas Quitéria e Caçador, e obteve-se uma produtividade média de 14,34 t.ha<sup>-1</sup>. Além de fatores genéticos, o baixo rendimento encontrado neste estudo pode estar associado também a uma maior carga viral presente, ou a performance genética dos acessos (SOUZA; MACÊDO, 2009; FERNANDES et al., 2013). A precocidade das cultivares comerciais também pode ter contribuído para o baixo rendimento, uma vez que cultivares tardias tendem a ser mais produtivas que as de ciclo precoce.

Tabela 3 - Peso médio de bulbo comercial (PMBC), número de bulbilho por bulbo (NB), rendimento total (RT) e rendimento comercial (RC) em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

Genótipo	PMBC (gr/bulbo)	NB (Bulbilhos/Bulbo)	RT (t.ha <sup>-1</sup> )	RC (t.ha <sup>-1</sup> )
Caçador	33,42	11,50	8,91	2,89 b
DDR 6024	28,88	10,50	8,19	8,12 a
DDR 6811	32,98	10,84	9,10	8,10 a
Quitéria	34,70	9,17	7,60	2,48 b
RAL 159	31,00	11,33	8,81	8,54 a
RAL 27	31,30	9,92	8,94	8,82 a
RAL 75	31,33	10,00	8,86	8,70 a
RAL 751	28,15	10,42	7,99	7,94 a
RE 493099	31,34	10,75	8,87	8,39 a
RE 518-1	31,31	10,00	8,83	8,57 a
RE 6820	28,84	10,50	8,04	7,60 a
RE PSK	27,66	10,75	7,67	7,23 a
UO 73	33,28	11,58	9,21	8,39 a

As médias seguidas pela mesma letra, não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Fonte: Do autor (2019).

A maior porcentagem de florescimento foi verificada no acesso DDR 6024, com média de 80,92%, diferindo significativamente apenas das cultivares comerciais, Caçador e Quitéria, que apresentaram menor percentual de florescimento, com valores médios de 40,05

e 20,39%, respectivamente (TABELA 4). Os maiores valores de comprimento e diâmetro do escapo floral foram observados na cultivar Caçador, com uma média de 61,16 cm e 17,99 mm de comprimento e diâmetro, respectivamente (TABELA 4). De maneira geral, os demais genótipos não diferiram entre si nessas duas características, com valores médios variando de 44,32 a 51,68 cm para o comprimento, e de 10,52 a 15,11 mm para o diâmetro.

Tabela 4 - Porcentagem de florescimento, comprimento e diâmetro de escapo floral e rendimento comercial em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

Genótipo	Florescimento (%)	Escapo Floral	
		Comprimento (cm)	Diâmetro (mm)
Caçador	46,06 b	61,16 a	17,99 a
DDR 6024	80,92 a	51,68 b	11,97 c
DDR 6811	66,78 a	43,61 b	11,03 c
Quitéria	20,39 c	45,49 b	10,54 c
RAL 159	65,79 a	44,56 b	12,32 c
RAL 27	67,43 a	50,20 b	13,21 c
RAL 75	65,46 a	46,55 b	13,55 c
RAL 751	72,04 a	46,99 b	15,11 b
RE 493099	63,82 a	46,02 b	10,69 c
RE 518-1	71,38 a	48,31 b	11,98 c
RE 6820	62,17 a	44,32 b	12,05 c
RE PSK	60,86 a	44,60 b	10,52 c
UO 73	74,67 a	50,04 b	12,99 c

As médias seguidas pela mesma letra, não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Do autor (2019).

As cultivares comerciais de alho mais plantadas no Brasil, apresentam baixa capacidade de florescimento, ou mesmo quase inexistente, principalmente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, mesmo sob condições de vernalização em virtude das condições genéticas, como relatam os autores (ETOH; SIMON, 2002; TCHÓRZEWSKA et al., 2018; MAYER; GOLDSTEIN, 2019), nos seus estudos sobre o florescimento nas condições similares. Isso está de acordo ao verificado neste trabalho. Já os demais acessos testados demonstraram elevada aptidão ao florescimento.

Com base na Tabela 4, nota-se uma potencialidade de florescimento dos acessos experimentais em relação às cultivares comerciais. Este alto percentual de florescimento dos acessos é um forte indício de adaptação ambiental ao florescimento (MUELLER, 1998; CHATURVEDI et al., 2018). Entretanto, é importante mencionar que não foi possível obtenção de sementes botânicas neste ensaio, o que pode ter sido agravado em decorrência de

chuvas no final do ciclo (início da floração), conforme observado na Figura 1. Isso pode ter prejudicado o desenvolvimento e maturação das inflorescências, além de favorecer o abortamento, não permitindo a produção das sementes verdadeiras. Estudo semelhante foi desenvolvido por Jenderek e Hannan (2004), os quais avaliaram 45 acessos de alho e verificaram que todos eles apresentaram florescimento, porém, com diferentes intensidades. Ressalta-se, porém, que dos 45 acessos, somente 19 chegaram a produzir sementes verdadeiras. Rotem et al. (2007) também desenvolveram estudo similar com 2 acessos de alho, sendo que ambos floresceram, porém, somente um deles produziu sementes botânicas e o outro abortou na fase inicial do desenvolvimento da inflorescência. Isso reforça a dificuldade existente na obtenção de sementes botânicas em alho, mesmo sob condições experimentais.

A indução e desenvolvimento floral é um processo complexo e não depende somente de fatores ambientais, envolvendo também o fator genético (POOLER; SIMON, 1993). Deste modo, a característica genética dos genótipos infere sobre a capacidade de produção de sementes botânicas. Isso indica a necessidade de estudos mais detalhados e em diferentes épocas de cultivo, de forma a avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente (G x E) e identificar os potenciais produtores de sementes.

Outros trabalhos já indicaram que não existe correlação entre estas características e a capacidade do genótipo em produzir sementes botânicas (ETOH; SIMON, 2002; TCHÓRZEWSKA et al., 2018; MAYER; GOLDSTEIN, 2019). Todavia, a emissão da haste floral significa que a cultivar de alho está adaptada ao florescimento em determinada região (HONG; ETOH, 1996; LOPEZ-BELLIDO et al., 2016). Assim, tendo como referência as informações acima mencionadas, a emissão de escapos florais indica que os genótipos apresentam adaptabilidade ao florescimento na região, porém, com diferentes intensidades.

Esta indução floral, além do fator genético, é influenciada pelo fotoperíodo, temperatura de crescimento, e duração e temperatura de armazenamento dos bulbos (BREWSTER, 1982a; BREWSTER, 1982b; BREWSTER, 1983; BERTAUD, 1988; CHATURVEDI et al., 2018). Já o aumento do comprimento e o diâmetro do escapo, além dos fatores climáticos, pode muitas vezes estar associado a uma maior eficiência na utilização de nutrientes, em especial, o nitrogênio, que tende a ser transcolado para estas regiões devido a serem drenos preferenciais. Este fato em geral, implica na redução do tamanho do bulbo, e conseqüente, dos bulbilhos (ZHANG et al., 2018; LIU et al., 2019).

A capacidade de florescimento observada nos acessos experimentais avaliados apresenta-se como um resultado positivo e de extrema importância do ponto de vista de produção de sementes botânicas de alho e da implantação de um programa de melhoramento genético com a cultura, sendo necessário a realização de novos projetos de pesquisa que busquem o florescimento e a produção de sementes botânicas viáveis em genótipos de alho.

Na Tabela 5 é apresentada a classificação dos alhos em classes, de acordo com tamanho dos bulbos. A produção de bulbos na classe 7 foi bastante restrita para todos os genótipos, o maior percentual foi de 2% nos acessos RAL 75 e RE 493099. Nas classes 6 e 5 destacaram-se os genótipos RAL 27 e RAL 159 respectivamente com 26% e 22% da produção total de bulbos, enquanto nas classes 4 e 3, o acesso RAL 751 apresentou as maiores proporções de bulbos com 27% e 43%, respectivamente. Para a classe não comercial, o maior percentual foi de 75% e 70% observada pela cultivares Quitéria e Caçador, respectivamente. Esta situação ocorreu em função da elevada sensibilidade destas cultivares ao pseudoperfilhamento e, devido a ocorrência de chuvas durante o período de estresse hídrico, não permitindo o controle desta anormalidade fisiológica.

Tabela 5 - Porcentagem de classificação dos bulbos comerciais em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

Genótipo	Não comercial <32 mm	Classe 3 32 - 37 mm	Classe 4 37 - 42 mm	Classe 5 42 - 47 mm	Classe 6 47 - 56 mm	Classe 7 > 56 mm
DDR 6024	1%	42%	26%	18%	13%	0%
RAL 159	3%	36%	22%	22%	16%	1%
RAL 75	2%	39%	21%	18%	18%	2%
RAL 751	1%	43%	27%	17%	13%	0%
RAL 27	1%	42%	19%	12%	26%	1%
RE 518-1	4%	36%	22%	19%	19%	0%
DDR 6811	13%	30%	18%	18%	20%	0%
RE 6820	7%	36%	25%	14%	18%	0%
RE 493099	6%	39%	16%	15%	21%	2%
RE PSK	8%	40%	20%	18%	14%	1%
UO 73	11%	27%	23%	15%	23%	1%
Caçador	70%	12%	3%	6%	8%	1%
Quitéria	75%	6%	6%	7%	6%	0%

Fonte: Do autor (2019).

Podem-se destacar os acessos DDR 6024, RAL 75, RAL 751, RAL 27 pela baixa produção de bulbos não comerciais (1 a 2%) e concentração de 38 a 40% da produção nas classes de maior valor comercial (classes 5, 6 e 7).

Pode-se observar na Tabela 9, o baixo percentual, ou quase inexistente, de bulbos nas classes comerciais 6 e 7. Isso pode ser atribuído ao fato da presença de superbrotamento, o qual foi alto em todos os genótipos. Segundo Macêdo et al. (2009), essa característica contribui para a redução do tamanho e qualidade do bulbo.

Quanto às características físico-químicas, a análise de variância (TABELA 5) indicou efeito significativo dos genótipos ( $p < 0,05$ ) para sólidos solúveis, pH, acidez tituláveis e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), o que indica diferenças significativas entre os genótipos para estas variáveis.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para as características sólidos solúveis, pH e acidez titulável, em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

FV	GL	Quadrados médios			
		Características Físico-químicas			
		Sólidos solúveis (%)	pH	Acidez titulável (%)	SS/AT (Ratio)
Bloco	3	0,632	0,001	0,002	25,249
Genótipo	12	41,794*	0,016*	0,209*	385,26*
Resíduo	36	2,109	0,001	0,002	28,88
CV (%)		5,05	0,43	8,21	9,88

\* significativo e ns não significativo ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2019).

Os maiores teores de acidez titulável foram observados na cultivar Quitéria, com 1,29 %, o qual diferiu dos demais genótipos (TABELA 6). Os menores valores foram observados nos genótipos Caçador e RE 6820 com 0,38 % AT. Esses resultados são próximos aos encontrado por Mota et al. (2003), avaliando genótipos de alho no município de Lavras, onde encontraram valores entre 0,83 a 1,29% de AT.

Tabela 7 - Porcentagem de Sólidos solúveis, pH e acidez titulável em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

Acesso	Sólidos solúveis (%)	pH	Acidez titulável (%)	SS/AT (Ratio)
Caçador	27,33 b	6,34 c	0,38 d	71,92 a
DDR 6024	25,50 c	6,32 c	0,56 b	42,18 c
DDR 6811	27,50 b	6,34 c	0,47 c	59,05 b
Quitéria	32,50 a	6,31 c	1,29 a	25,16 d
RAL 159	25,00 c	6,43 a	0,47 c	53,69 b
RAL 27	26,83 c	6,21 e	0,56 b	48,22 b
RAL 75	29,17 a	6,33 c	0,59 b	49,89 b
RAL 751	33,00 a	6,42 a	0,62 b	54,54 b
RE 493099	33,50 a	6,33 c	0,53 b	63,40 a
RE 581-1	25,00 c	6,36 b	0,47 c	53,24 b
RE 6820	26,50 c	6,42 a	0,38 d	69,84 a
RE PSK	28,83 b	6,27 d	0,53 b	54,57 b
UO 73	33,17 a	6,40 a	0,59 b	56,87 b

As médias seguidas pela mesma letra, não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Fonte: Do autor (2019).

O pH apresentou variação de 6,27 a 6,43, sendo o menor valor observado para o acesso RE PSK e o maior valor para o acesso RAL 159, respectivamente (TABELA 6). Os resultados obtidos são próximo aos encontrados por Bessa et al. (2017), que verificaram variação de 5,88 a 6,7, e foram diferentes aos encontrados por Mota et al. (2003), nas avaliações feitas no município de Lavras, cujo pH teve uma variação de 6,60 a 7,06.

As maiores porcentagem de sólidos solúveis foram apresentadas pelo acesso RE 493099 (33,50%), sendo as menores obtidas pelo acesso RAL 159 (25,00%) (TABELA 6). A importância de se conhecer o teor de sólidos solúveis está na escolha da melhor época para o planejamento da colheita. Os resultados encontrados são próximos aos obtidos por Oliveira (1999), que verificou uma variação de 28,83 a 38,45 % de solúveis. Este autor afirma ainda, que o aumento dos dias de armazenamento influencia no aumento da porcentagem de sólidos solúveis.

As maiores porcentagem da relação de sólidos solúveis/acidez titulável foram apresentadas pela cultivar Caçador com 71,92%, e a menor, pela cultivar Quitéria com 25,16%. A relação SS/AT é uma das melhores formas de avaliação do sabor de frutas e hortaliças, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois reflete o balanço entre açúcares e ácidos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os valores da

relação SS/AT são próximo encontrados por SOARES (2013), avaliando-se diferentes cultivares de alho, obteve-se valores entre 39,6 e 61,6 % na relação SS/AT.

As análises físico-químicas de pH, ATT e SS são normalmente realizadas para a maioria dos produtos vegetais, pois estas estão diretamente associadas ao sabor apresentado. As suas concentrações podem influenciar a sua aceitação perante o consumidor. As informações geradas através das análises físico-químicas do alho indicam se o produto é mais apropriado ao consumo *in natura* ou para a indústria, maior capacidade de armazenamento pós-colheita e também, de acordo com Oliveira (1999), a melhor época para a realização da colheita.

Os valores de acidez titulável, pH e sólidos solúveis encontrados no presente trabalho são considerados ideais aos aceitos pelo mercado consumidor, isso quando comparado com as cultivares comerciais já existentes. No que diz respeito a qualidade físico-química do alho, os valores aceitos pelo mercado são acima de 0,30% de acidez titulável, 30% de sólidos solúveis e em relação a pH, abaixo de 7 (BESSA et al., 2017) .

Quanto a avaliação da divergência genética entre os genótipos, verificou-se que as variáveis que mais contribuiram para a variação entre os genótipos, do ponto de vista multivariado, foram a porcentagem de florescimento, o rendimento comercial, a acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e o pH (TABELA 8).

Tabela 8 - Correlações canônicas estabelecidas com 10 variáveis avaliadas em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.

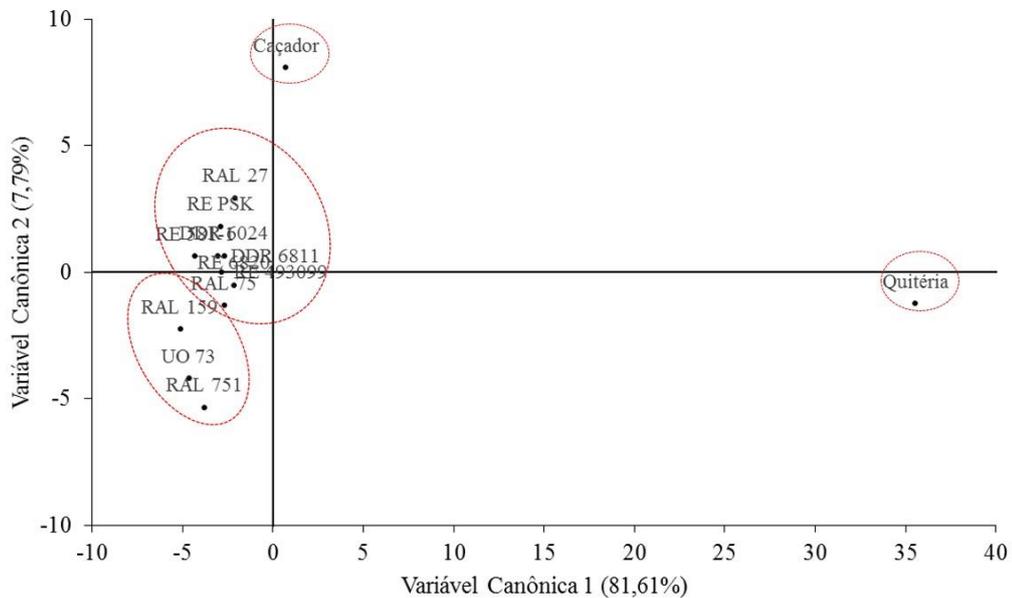
Característica	Variável canônica 1	Variável canônica 2
Índice de velocidade de emergência (IVE)	9,00%	26,00%
Porcentagem de florescimento (PF)	-77,00%	-22,00%
Comprimento de escapo floral (CEF)	-5,00%	47,00%
Diâmetro de escapo floral (DEF)	3,00%	27,00%
Rendimento comercial (RC)	-67,00%	-40,00%
Sólidos solúveis (SS)	31,00%	-43,00%
Acidez titulável (AT)	90,00%	-29,00%
Potencial hidrogeniônico (pH)	-21,00%	-51,00%
Sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)	-66,00%	29,00%

Fonte: Do autor (2019).

Verificou-se uma correlação negativa entre o florescimento (-77,00%), o rendimento comercial (-67%) e relação SS/AT (-66,00%) com a variável canônica 1 (VC1), além de uma

forte correlação positiva com a acidez titulável (90%) (TABELA 8). Assim, é possível inferir que as cultivares comerciais foram mais dispersas (divergentes) em relação aos acessos experimentais, principalmente por apresentarem menor florescimento e menor produção comercial (FIGURA 2). Além disso, verifica-se que a cultivar Quitéria divergiu fortemente dos demais genótipos principalmente devido ao seu maior teor de acidez titulável.

Figura 2 - Análise multivariada realizada com 8 variáveis significativas das avaliadas em acessos experimentais e cultivares comerciais de alho cultivados em Lavras, MG, Brasil. Lavras-MG, 2018.



Fonte: Do autor (2019).

O pH foi a variável que apresentou maior correlação negativa com a variável canônica 2, cujo valor foi de -51% (TABELA 8). Baseando-se na dispersão dos genótipos (FIGURA 2), observa-se que os acessos experimentais RAL 751, UO 73 e RAL 751 estão entre aquelas com maior pH. Na variável canônica 1, a divergência da cultivar Quitéria foi influenciada pelas variáveis, rendimento comercial, porcentagem de florescimento e acidez titulável, enquanto que a cultivar caçador foi devido ao pH. Esta análise fortifica ainda mais a potencialidade dos acessos experimentais, de forma geral, em relação às cultivares comerciais, sendo elas ideais para a realização de mais estudos.

## 4 CONCLUSÕES

Os acessos experimentais apresentaram os maiores valores de rendimento comercial de bulbos e maior capacidade de florescimento nas condições de Lavras, MG.

Os acessos experimentais apresentaram potencial de florescimento e produção de sementes em Lavras, MG.

Os acessos experimentais não produziram sementes botânicas devido às condições climáticas do período e a falta de polinização.

Há divergência genética entre os acessos experimentais e as cultivares comerciais, principalmente em relação à porcentagem de florescimento, rendimento comercial, pH, acidez titulável e relação sólidos solúveis e acidez titulável .

Os bulbos colhidos, em sua maioria, foram classificados nas classes comerciais 3, 4 e 5.

## REFERÊNCIAS

- ANAPA. Associação Nacional dos Produtores de Alho. **Safra 2019**. Disponível em: <<https://anapa.com.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2019.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg, 2012.
- ARZANLOU, M.; BOHLOOLI, S. Introducing of green garlic plant as a new source of allicin. **Food chemistry**, v. 120, p. 179-183, 2010.
- ASTORGA-QUIRÓS, K.; ZÚÑIGA-VEJA, C.; RIVERA-MÉNDEZ, W. Isolation and identification of pathogens of wild garlic (*Allium sativum* L.). **Tecnología en marcha**, Costa Rica, v. 27, p. 77-84, 2014.
- ÁVILA, V T. **Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristema**. 2017. 47 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- BERTAUD, D.S. Effects of chilling duration, photoperiod, and temperature on floral initiation and development in sprouted and unsprouted onion bulbs. **Eucarpia Allium Symp.**, Warwick, U.K, p. 254-261, 1988.
- BESSA, A.T. et al. Caracterização físico-química de alho 'BRS Hozan' e 'Roxo Pérola de Caçador' em função do tempo de armazenamento. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 11, n. 2, p. 368-377, 2017.
- BIESDORF, E.M.; SILVA, J.S.; BIESDORF, E.M.; OLIVEIRA, O.J.; DEL CONTE, M.V. Desempenho agrônômico de cultivares de alho vernalizado e não vernalizado na região Sudeste de Mato Grosso. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, p. 44-48, 2015.
- BLOCK, E. **Garlic and other alliums: The lore and the Science**. New York, 2010.
- BRASIL. Ministro de Estado da Agricultura e Reforma Agrária. **Portaria N.º 242, de 17 de setembro de 1992**. Disponível em: <[http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/alho242\\_92.](http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/alho242_92.)>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- BREWSTER, J.L. Effects of photoperiod, nitrogen nutrition, and temperature on inflorescence initiation and development in onion (*Allium cepa* L.). **Ann. Bot.**, v. 51, p. 429-440, 1983.
- BREWSTER, J.L. Flowering and seed production in overwintered cultivars of bulb onions. I. Effects of different raising environments, temperatures, and daylengths. **J. Hort. Sci.**, v. 57, p. 93-101, 1982a.
- BREWSTER, J.L. Flowering and seed production in overwintered cultivars of bulb onions. II. Quantitative relationships between mean temperatures and daylengths and the rate of inflorescence development. **J. Hort. Sci.**, v. 57, p. 103-108, 1982b.

- CHATURVEDI, A.K. et al. Differential carbohydrate gene expression during preplanting temperature treatments controls meristem termination and bulbing in garlic. **Environmental and Experimental Botany**, v. 150, p. 280-291, 2018.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2018**. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_03\\_11\\_17\\_12\\_15\\_alhojaneiro2018pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_03_11_17_12_15_alhojaneiro2018pdf) >. Acesso em: 10 jan. 2018.
- CUNHA, C.P.H.; E.S.; ZUCCHI, M.I.; MONTEIRO, M.; PINHEIRO, J.B. New microsatellite markers for garlic, *Allium sativum* (Alliaceae). **Am J Bot**, v. 99, n. 1, p. e17-9, jan. 2012.
- CURI, N.; SILVA, S.H.G.; POGGERE, G.C.; MENEZES, M.D. de. **Mapeamento de Solos e Magnetismo no Campus da UFLA Como Traçadores Ambientais**. Lavras: UFLA, 2017.
- DUFOO-HURTADO, M.D. et al. Low temperature conditioning of garlic (*Allium sativum* L.) “seed” cloves induces alterations in sprouts proteome. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 332, 2015.
- EINAT, S.M.T. et al. Efeitos de diferentes regimes de temperatura no desenvolvimento floral, microsporogênese e fertilidade em alho em suspensão. 2015. v. 42, p. 514-526.
- ETOH, T.; NOMA, Y.; NISHITARUMIZU, Y.; WAKAMOTO, T. Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet Central Asia. **Mem. Fac. Agr.**, Kagoshima University, v. 24, p. 29-39, 1988.
- ETOH, T. Estudos sobre a esterilidade no alho (*Allium sativum* L.). **Memórias da Faculdade de Agricultura da Universidade de Kagoshima**, v. 21, p. 77-132, 1985.
- ETOH, T.; OGURA, H. A morphological observation on the formation of abnormal flowers in garlic (*Allium sativum* L.). **Mem. Fac. Agr. Kagoshima University**, v. 13, p. 77-88, 1977.
- ETOH, T.; SIMON, P.W. Diversity, fertility and seed production of garlic. In: **Allium Crop Science: Recent Advances**. CAB International, 2002.  
Disponível em: <[www.faostat.org](http://www.faostat.org)>. Acesso em: 19 jan. 2019.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Indicadores 2018**. Disponível em: <[www.faostat.org](http://www.faostat.org)>. Acesso em: 19 jan. 2019.
- FERNANDES, R.F.; DUSI, A.N.; RESENDE, F.V. **Viroses do alho no Brasil: importância e principais medidas de controle**. Brasília: Embrapa /MAPA, 2013. P. 1-9. (Circular Técnica).
- FERREIRA, F.A. **Análise do crescimento de quatro cultivares de alho (*Allium sativum* L.)**. Viçosa: UFV, 1972. 41 p.
- HONG, C.J.; ETOH, T. Fertile clones of garlic (*Allium sativum* L.) abundant around the Tien Shan Mountains. **Breeding Science**, v. 46, p. 349-353, 1996.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sidra**. Levantamento 2018. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2005. 1018 p.

JABBES, N. et al. Agro-morphological markers and organo-sulphur compounds to assess diversity in Tunisian garlic landraces. **Scientia horticulturae**, p. 47-54, 2012.

JENDEREK, M.M.; HANNAN, R.M. Capacidade de produção de sementes de clones de alho (*Allium sativum* L.) de duas coleções públicas da U.S. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ALLIACEAE COMESTÍVEL, 3., 2000, Universidade da Geórgia, Atenas, Geórgia. **Anais...** Atenas, Geórgia, 2000. p. 73-75.

JENDEREK, M.M.; HANNAN, R.M. Variation in Reproductive Characteristics and Seed Production in the USDA Garlic Germplasm Collection. **HortScience**, v. 39, p. 485-488, 2004.

KAMENESTSKY, R. et al. Diversity in fertility potential and organo-sulphur compounds among garlics from Central Asia. *Biodiversity Conservation*, p. 281-295, 2005. In: BLOCK, E. **Garlic and other alliums: The lore and the Science**. University of Albany, State university of New York. New York – USA. RSCPublishing, p. 432, 2010.

KAMENETSKY, R. S. et al. Environmental Control of Garlic Growth and Florogenesis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, n. 2, p. 144-151, 2004.

KONVICKA, O.; NIENHAUS, T.; FISCHBECK, G. Investigations into the causes of pollen sterility in *Allium sativum* L. In: GERMAN. Z. **Pflanzenzuecht**, v. 80, p. 265-276, 1978.

KOUL, A.K.; GOHIL, R.N. Causes averting sexual reproduction in *Allium sativum* Linn. **Cytologia**, v. 35, p. 197-202, 1970.

LACERDA, C.F.D.; FILHO, J.E.; PINHEIRO, C.B. **Fisiologia Vegetal**. Fortaleza, CE, 2007. (Apostila).

LIU, H.D. et al. Exogenous gibberellins alter morphology and nutritional traits of garlic (*Allium sativum* L.) bulb. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 298-306, 2019.

LOPES, W. A. R. N., M. Z. ; MORAIS, P. L. D.; SOARES, A. M.; LUCENA, R. R. M.; SILVA, O. M. P.; GRANGEIRO, L.C. . Caracterização físico-química de bulbos de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio. *Hortic. Bras*, v. 34, p. 231-238, 2016a.

LOPEZ-BELLIDO, F. J. L.-B., R. J.; MUÑOZ-ROMERO, V.; FERNANDEZ-GARCIA, P.; LOPEZ-BELLIDO, L. New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). *Annals of Applied Biology*, v. 169, n. 3, p. 423-439, 2016.

LUCENA, R.R. et al. Qualitative Analysis of Vernalized Semi-Noble Garlic Cultivars in Western Rio Grande Do Norte State, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 764-773, 2016.

MACÊDO, F.S.S. et al. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 657-663, 2009.

MAGUIRE, J.D. Speed germination: AID in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, p. 176-77, 1962.

MAHADEEN, A.Y. Influence of Clove Weight on Vegetative Growth and Yield of Garlic (*Allium sativum* L.) Grown under Drip Irrigation. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, 2011.

MANN, L.K. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. **Hidgardia**, v. 21, p. 195-251, 1952.

MAYER, E.S.; GOLDSTEIN, R.K. Recent Advances in Sexual Propagation and Breeding of Garlic. **Horticultural Reviews**, v. 46, p. 1-38, 2019.

MENEZES SOBRINHO, J.A. de; LOPES, C.A.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CHARCHAR, J. M.; CRISOSTOMO, L.A.; CARRIJO, O.A.; BARBOSA, S. **A cultura do alho**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1993.

MOTA, J.H. et al. Características físico-químicas de cultivares de alho (*Allium sativum* L.) do grupo semi-nobre, nas condições de Lavras, MG. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 4, 2003.

MUELLER, S.; KREUZ, C.L.; MONDARDO, M. Produtividade, qualidade e lucro em função de espaçamentos de plantio e pesos de bulbilhos-sementes de alho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis., v. 11, p. 52 - 55, 1998.

NOVAK, F.J. Tapetal development in the anthers of *Allium sativum* L. and *Allium longicuspis* Regel. **Experientia**, v. 28, p. 1380-1381, 1972.

OLIVEIRA, C.M. et al. Época de colheita e potencial de armazenamento em cultivares de alho. **Hortic. Bras**, v. 22, p. 804-807, 2004.

OLIVEIRA, C.M.D. Determinação do ponto de colheita em cultivares de alho. 1999. 51 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

OLIVEIRA, F.L.; DORIA, H.; TEODORO, R.B.; RESENDE, F.V. Características agrônômicas de cultivares de alho em Diamantina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 355-359, 2010.

POOLER, M.R.; SIMON, P. Garlic flowering in response to clone, photoperiod, growth temperature, and cold storage. **HortScience**, v. 28, p. 1085-1086, 1993.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

- REINA-PINTO, J.J.; YEPHREMOV, A. Surface lipids and plant defenses. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 47, p. 540-549, 2009.
- RESENDE, F. V.; DUSI, A. N.; MELO, W. F. de RESENDE, F.V.; HABER, L.L.; PINHEIRO, J.B. **Sistema de produção de alho**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2016.
- ROSA, R. **Caracterização fenológica da cultura do alho**. 2015. 55 p. TCC (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2015.
- ROTEM, N. S., E.; PERETZ, Y.; AKAD, F.; EDELBAUM, O.; RABINOWITCH, H. D.; SELA, I.; KAMENETSKY, R. Reproductive development and phenotypic differences in garlic are associated with expression and splicing of LEAFY homologue gaLFY. *Journal of Experimental Botany*, v. 58, n. 5, p. 1133-1141, 2007.
- SIMON, P.W.; JENDEREK, M.M. Flowering, seed production and the genesis of garlic breeding. **Plant breeding reviews**, Oxford, Reino Unido, v. 23, p. 211-214, 2003.
- SOARES, A. M. Avaliação de cultivares de alho no município de Governador Dix-sept Rosado-RN. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, Brasil., 2013.
- SOUZA, R.J.D.; MACÊDO, F.S. **Cultura do alho: técnicas modernas de produção**. Lavras: UFLA, 2009. p. 181.
- STANGARLIN, J. R. et al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaeniv.**, 10, p. 18-46., 2011.
- TCHÓRZEWSKA, D.L.; R.; GRUSZECKI, W.I.; WINIARCZYK, K. Comparative studies of live tapetum cells in sterile garlic (*Allium sativum*) and fertile leek (*Allium ampeloprasum*) using the fluorescence lifetime imaging analytical method. **South African Journal of Botany**, v. 117, p. 222-231, 2018.
- TRENHAGO, R. et al. Avaliação do IVG no alho plantado em diferentes formas no solo. In: SEMINÁRIO INSTITUCIONAL DE PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2011. **Anais...** v. 1, p. 3, 2011.
- VARGAS, V.C.S. et al. Efecto de la interacción genotipo-ambiente sobre la expresión del contenido de alicina y ácido pirúvico en ajo (*Allium sativum* L.). **Rev. FCA UNCuyo**, v. 42, p. 15-22, 2010.
- VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica – Organografia: Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2003. p. 124.
- WINIARCZYK, K.; GEBURA, J. Activity of selected hydrolytic enzymes in *Allium sativum* L. anthers. **Plant Physiol Biochem**, v. 102, p. 37-42, 2016.
- WU, C.; WANG, M.; MENG, H. Response of garlic (*Allium sativum* L.) bolting and bulbing to temperature and photoperiod treatments. **Biol Open**, v. 5, n. 4, p. 507-18, Apr 15 2016.

ZHANG, Y. J. G. et al. Effects of different nitrogen levels on photosynthetic characteristics, chlorophyll fluorescence and yield of allium sativumcv 'Minlezipi'. **Research Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 12, p. 27-31, 2018.