

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

NATHÁLIA OLIVEIRA DOS SANTOS

DESEMPENHO AGRONÔMICO E EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE HÍBRIDOS
DE TOMATEIRO PROVENIENTES DE PARENTAIS MASCULINOS ANÕES

Monte Carmelo
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

NATHÁLIA OLIVEIRA DOS SANTOS

DESEMPENHO AGRONÔMICO E EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE HÍBRIDOS
DE TOMATEIRO PROVENIENTES DE PARENTAIS MASCULINOS ANÔES

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli
Coorientador: Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

Monte Carmelo
2026

NATHÁLIA OLIVEIRA DOS SANTOS

DESEMPENHO AGRONÔMICO E EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE HÍBRIDOS
DE TOMATEIRO PROVENIENTES DE PARENTAIS MASCULINOS ANÕES

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 15 de julho de 2026

Banca Examinadora

(Prof. Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli)
Orientadora

(Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel)
Membro da Banca

(Dra. Édila Maria de Rezende)
Membro da Banca

Monte Carmelo
2026

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu Amado, por ter me sustentado durante toda a minha graduação. Ele quem me deu saúde, força, inteligência, resiliência e capacidade para que eu pudesse concretizar esse grande objetivo em minha vida. À Virgem Santíssima por ter intercedido por essa pequena filha que tanto suplicou por sua ajuda durante toda a trajetória acadêmica.

Ao meu marido Carlos Henrique Monteiro de Oliveira pelo apoio, paciência, confiança e segurança. Sem você, tenho a plena convicção de que não teria chegado até aqui. Obrigada por acreditar em mim, ser o meu alicerce e meu grande amor.

À minha filha, Madalena Santos Oliveira, que chegou no final da graduação, mas me incentivou a concluí-la com muito amor, humildade e profissionalismo.

Aos meus pais, Mailson Pires dos Santos e Renata de Oliveira pelo amor, apoio e auxílio nessa etapa importante da minha vida. Obrigada por não medirem esforços em me ajudar nos momentos mais desafiadores. Vocês são a minha referência de resiliência.

Aos meus irmãos, Eduardo Oliveira dos Santos e Dhiogo Oliveira dos Santos, obrigada pelo amor, carinho e alegria em me ver conquistando meus objetivos.

À minha avó, Elenita Fausta de Oliveira pelas palavras de apoio, incentivo e confiança. A senhora alegra imensamente a minha vida, sou privilegiada por ser a sua neta.

À Universidade Federal de Uberlândia por ter me concedido a oportunidade de me formar nessa instituição com excelente ensino e profissionais. A todos os docentes que passaram pela minha vida durante a graduação, cada um de vocês me ensinaram algo valioso que levarei para a vida.

Ao meu coorientador Professor Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel por ter me dado a oportunidade de desenvolver habilidades em trabalhar em grupo, resolver problemas e executar uma pesquisa. Obrigada por confiar no meu trabalho e acreditar em mim.

À minha orientadora Professora Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli por ter me acolhido no início da graduação e por ter me apresentado o GENHORT. Você inspira muitas mulheres no âmbito acadêmico e profissional.

Ao GENHORT, especialmente a Camila Oliveira, Ana Luisa Ribeiro e Lucas Medeiros. Obrigada pela amizade, ensinamento e apoio durante toda a minha trajetória acadêmica. Vocês me ajudaram a ter consciência sobre o que é ser um bom colega de trabalho e um excelente profissional.

Aos meus colegas Édila Rezende e Rafael Finzi por terem me acolhido no início da graduação. A amizade, companheirismo e conselhos de vocês contribuíram muito na minha formação.

Ao seu Zé e Elder pela amizade, auxílio e companheirismo durante a condução do meu experimento.

Ao CINCI por ter me dado a oportunidade de trabalhar com a agricultura irrigada. Ao Professor Dr. Eusímio Fraga por ampliar a minha visão sobre a vida acadêmica e profissional.

Aos meus amigos Emily Danielly e Iury Patryck por me apoiarem, incentivarem e estarem comigo nos momentos mais importantes. Obrigada pela amizade, levarei as nossas lembranças sempre em meu coração.

Aos demais colegas que passaram pela minha vida durante a graduação. Cada um de vocês contribuíram com a minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVO.....	9
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	9
3.1 Importância da cultura.....	9
3.2 Cultura do tomateiro	10
3.3 Tomateiro anão	11
3.4 Melhoramento genético em tomateiro	12
3.5 Estresse hídrico.....	13
3.6 Eficiência do uso da água.....	14
3.7 Análises multivariadas e redes neurais artificiais	15
3.8 Medição de trocas gasosas utilizando o Infrared Gas Analyzer (IRGA)	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Condução do experimento.....	17
4.2 Avaliação dos parâmetros agronômicos.....	20
4.3 Trocas gasosas	20
4.4 Análise estatística	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 Desempenho agronômico dos híbridos	21
5.2 Parâmetros fotossintéticos.....	28
6. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

RESUMO

Na cultura do tomateiro, o uso de genes de nanismo tem sido explorado para obtenção de híbridos de menor porte. No entanto, ainda são escassas as informações sobre como a introdução desses genes em híbridos podem impactar características fotossintéticas que estão diretamente relacionados ao desempenho produtivo. Objetivou-se com este trabalho selecionar híbridos provenientes de parental masculino anão que apresentem parâmetros agronômicos desejáveis e com maior eficiência fotossintética. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia, em blocos casualizados com três repetições. Os genótipos utilizados nesse ensaio foram 15 híbridos, 5 parentais femininos, 3 parentais masculinos, o genitor doador UFU MC TOM 1 e o *Solanum pennellii*, totalizando 25 tratamentos. Foram avaliados os parâmetros agronômicos e fotossintéticos. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ($p < 0,05$). As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Em seguida, foi realizada a análise multivariada e foram obtidos: dendrograma, contribuição relativa de caracteres e o mapa auto-organizável de Kohonen. Os híbridos apresentaram resultados satisfatórios nas características agronômicas avaliadas, com destaque para o híbrido 12 (PF 2 x PM 2) que teve resultados intermediários para espessura de polpa (EP), produção de frutos por planta (PROD), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), mas se destacou uma das menores distância entre internódios observada (DI). Quanto aos parâmetros fotossintéticos, o híbrido 12 também apresentou maior eficiência na transferência de elétrons TRo/RC e Dio/RC, e principalmente o melhor resultado para A/gs. O híbrido 12, originado de um parental masculino anão, demonstra alto desempenho agronômico e elevada eficiência fotossintética, o que o torna uma opção interessante para cultivo, principalmente em locais com condições adversas.

Palavras-Chave: *Solanum lycopersicum* L., estresse abiótico, genes de nanismo, produção sustentável, eficiência no uso da água

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios que a agricultura moderna enfrenta. O aumento das temperaturas, a alteração nos padrões de precipitação e a frequência de eventos extremos estão gerando pressões sem precedentes sobre os sistemas agrícolas globais (Blain et al., 2023). Neste cenário, há relatos que o cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem sido fortemente afetado em todo o mundo (Bhandari et al., 2021; Kürklü et al., 2025). Neste contexto, o desenvolvimento de plantas com maior resiliência ao estresse ambiental torna-se uma prioridade, e a busca por germoplasmas mais eficientes é fundamental para garantir a sustentabilidade da produção agrícola.

Plantas como o *Solanum pennellii*, uma espécie selvagem de tomate, têm se destacado devido à sua tolerância ao estresse hídrico e outras condições adversas. Esta espécie é frequentemente utilizada em programas de melhoramento para introduzir características de resistência aos diferentes tipos de estresse biótico e abiótico em cultivares comerciais de tomate (*S. lycopersicum*). Sua capacidade de crescer em ambientes de condições adversas faz do *S. pennellii* um modelo importante para estudos de fisiologia vegetal e melhoramento genético (Pessoa et al., 2023). Contudo, os frutos de *S. pennellii* são pequenos e de baixo valor comercial (Semel et al., 2007) exigindo vários retrocruzamentos que podem resultar na perda de alelos de interesse (Gonçalves Neto et al., 2010; Maluf et al., 2010; Maciel et al., 2018).

Pesquisas tem comprovado que é possível obter plantas de tomateiro com arquitetura normal e mais compactas, a partir do uso de parental masculino anão (Finzi et al., 2017; Pereira et al., 2024). A cultivar de tomateiro anão UFU MC TOM1 tem se destacado para subsidiar programas de melhoramento genético (Maciel et al., 2015; Pereira et al., 2024; Maciel et al., 2024). Além de proporcionar a redução dos internódios das plantas, o uso da cv. UFU MC TOM1 e dos descendentes de porte anão, tem contribuído de forma importante para obtenção de maiores rendimentos e frutos mais nutritivos (Finzi et al., 2017; Oliveira et al., 2021; Pereira et al., 2024). Adicionalmente, UFU MC TOM1 apresenta resistência a

amplo espectro a pragas devido à presença de aleloquímicos acilaçúcares (Oliveira et al., 2024; Maciel et al., 2024; Mattos et al., 2025), resistência bacteriana (Jacinto et al., 2024; Jacinto et al., 2025) e múltiplos compostos associados à resistência a diversos estresses bióticos e abióticos (Pereira et al., 2024; Jacinto et al., 2025). Este germoplasma faz parte do Programa de Melhoramento de Tomate da UFU e está registrado no software BG BIOFORT no INPI (Maciel et al., 2019).

Nosso estudo se concentra em um germoplasma de tomate anão, cujo genótipo específico promove vantagens adicionais em seus descendentes (Finzi, 2017), entretanto, possui uma lacuna não identificada em relação a sua eficiência fotossintética.

Na literatura, são escassas as pesquisas a respeito da influência da utilização de plantas anãs sobre as características relacionadas a eficiência fotossintética em híbridos provenientes de cruzamento entre uma planta normal e uma planta anã.

2. OBJETIVO

Objetivou-se com este trabalho selecionar híbridos provenientes de parental masculino anão que apresentem parâmetros agronômicos desejáveis e com maior eficiência fotossintética.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Importância da cultura

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo, sendo o Brasil um dos dez maiores produtores mundiais atingindo uma produção de 4,4 milhões de toneladas em 2024 (FAOST, 2024). A tomaticultura tem grande importância

socioeconômica devido à alta empregabilidade e geração de renda ao longo de toda a cadeia produtiva, gerando cerca de cinco a seis empregos diretos e indiretos por hectare/ano (EMBRAPA, 2022).

O consumo frequente de alimentos industrializados, pobres nutricionalmente e ricos em lipídeos está causando prejuízos à saúde humana e, com o intuito de reduzir os efeitos negativos desses alimentos, a busca por alimentos naturais e ricos em antioxidantes está aumentando (Vivian & Ferri, 2011). O tomate é um fruto rico em licopeno, sendo esse considerado um dos antioxidantes mais potentes para a prevenção de doenças (Shami & Moreira, 2004).

A produção de tomate é de suma importância, logo, é constante a busca por tecnologias que conferem maior produtividade, qualidade de fruto, lucratividade e redução de custos.

3.2 Cultura do tomateiro

O tomateiro é uma olerícola pertencente à família Solanaceae, gênero *Solanum* e é cientificamente conhecido como *Solanum lycopersicum* L. Essa hortaliça é originária da região andina da América do Sul, mas foi domesticada no México e introduzida na Europa na metade do século XVI (Naika et al., 2006). No final do século XIX, o tomate foi introduzido no Brasil por europeus, tornando-se uma das hortaliças mais importantes do país (Filgueira, 2007).

O tomateiro é uma planta herbácea que, embora seja perene comporta-se como uma planta anual, a qual tem um ciclo biológico que varia de quatro a sete meses, podendo se prolongar quando cultivado em casa de vegetação (Filgueira, 2007). Essa olerícola é Dia-Neutro, ou seja, a sua floração é indiferente ao fotoperíodo, o que favorece o seu cultivo durante todo o ano (Saraiva et al., 2022).

A planta possui dois hábitos de crescimento distintos, determinado e indeterminado. O hábito de crescimento determinado é condicionado pela mutação em homozigose recessiva

do alelo *sp*. O hábito de crescimento indeterminado é condicionado pelo alelo dominante SP (Finzi, 2017). A maioria das cultivares para mesa possuem hábito de crescimento indeterminado, podendo ultrapassar 2,0 m de altura, sendo necessário a realização de tratos culturais como poda e tutoramento (Filgueira, 2007). Além disso, essas plantas apresentam maior qualidade de frutos os quais são consumidos de forma *in natura*. As cultivares que apresentam hábito de crescimento determinado, são cultivadas de forma rasteira, em grandes extensões, colhidas mecanicamente e são destinadas a agroindústria para produção de molhos e ketchups (Piotto & Peres, 2012).

O tomateiro possui sistema radicular constituído por uma raiz principal, raízes secundárias e adventícias (Peixoto et al., 2017). No início de seu desenvolvimento, o caule é ereto, herbáceo, suculento e contém pelos glandulares ou não glandulares que saem da epiderme. As folhas são alternadas, compostas com um grande folíolo terminal e possuem cerca de 6 a 8 folíolos laterais (Alvarenga, 2013). As flores do tomateiro são hermafroditas, pequenas, amarelas e se agrupam em forma de cacho ou racemo. Os frutos são do tipo bagas carnosas, suculentas, com tamanho, peso e formatos variados, conforme a cultivar (Rocha, 2016). A composição do fruto do tomate varia em função da cultivar, condições de cultivo, maturação e adubação, no entanto, o principal componente é a água, que constitui cerca de 89-95% do seu peso total (Bajon et al., 2026).

3.3 Tomateiro anão

Na cultura do tomateiro, são conhecidos cerca de 19 genes que determinam o fenótipo anão. As plantas anãs apresentam entrenós curtos e alterações morfológicas como distinção no número de ramificações, coloração, tamanho e rugosidade do limbo foliar (Seus, 2015). Os genes de nanismo provocam na planta o bloqueio na produção, percepção ou transporte de hormônios como as giberelinas e os brassinosteroides, resultando em plantas compactas (Silva, 2026).

Maciel et al. (2015) identificaram uma planta atípica com altura de aproximadamente 30 cm, hábito de crescimento indeterminado, folhas espessas de coloração verde escuro, frutos vermelhos pesando em média 10 g e com alto °Brix. Posteriormente, identificou-se que o gene que conferia esta característica ao tomateiro anão era o Dwarf (d).

O gene de nanismo Dwarf, homizogoto recessivo, pode contribuir no desenvolvimento de cultivares modernas de tomateiro (Maciel et al., 2015). Plantas de tomateiro com arquitetura compacta, altura e comprimento dos entrenós reduzidos apresentam vantagens como maior densidade de cultivo, elevada produtividade e simplicidade no manejo.

Os genótipos anões, especificamente o UFU MC TOM 1, têm sido utilizados como genitores doadores em programas de melhoramento genético para a introgressão de genes, transferindo aos seus descendentes características relacionadas à resistência a estresses bióticos e abióticos (Pereira et al., 2024; Jacinto et al., 2025). O tomateiro anão apresenta folha hipostomática, ou seja, contém estômatos apenas na face abaxial (Carmo et al., 2023), resultando em maior economia de água.

3.4 Melhoramento genético em tomateiro

O melhoramento genético no tomateiro iniciou no século XX pelos europeus com a finalidade de uniformizar o tamanho dos frutos para serem comercializados. No ano de 1940, houve o surgimento da cultivar Santa Cruz no Brasil (Ribeiro, 2019). A busca por plantas mais compactas é crescente, uma vez que essas facilitam o manejo devido à redução de tratamentos culturais como tutoramento, capação, dentre outras. O melhoramento genético vegetal tem utilizado a inserção de genes de nanismo para a obtenção de plantas de porte reduzido (Fumes, 2020).

Os melhoristas utilizam o nanismo nas plantas como uma estratégia para aumentar a produtividade, possibilitar o uso de tecnologias e facilitar o manejo (Seus, 2015). Os genes

que conferem porte anão também podem contribuir no desenvolvimento de híbridos provenientes de tomateiro anão.

Maciel et al. (2015) constatou que o fenótipo anão se tratava de caráter monogênico recessivo, logo, o cruzamento entre uma linhagem anã *versus* linhagem normal resultaria em híbrido de porte normal e com potencial comercial. Finzi (2020) observou que, a redução dos internódios no tomateiro promove o aumento do número de pencas por metro linear de haste, resultando em maior produtividade.

O tomateiro é uma cultura altamente dependente de água. Os programas de melhoramento genético têm buscado genótipos com alta produtividade, mas que possuem melhor eficiência no uso da água e com alta qualidade de fruto.

3.5 Estresse hídrico

O tomateiro quando cultivado em ambiente protegido, pode ser ofertado em épocas não favoráveis à sua produção (Santana et al., 2010). No entanto, o tomateiro pode ser impedido de expressar o seu potencial produtivo tanto quantitativo quanto qualitativo quando submetido a condições de restrição hídrica (Soares et al., 2011).

Os danos causados pela deficiência hídrica variam de acordo com a época, duração, intensidade e frequência da mesma (Silva et al., 2010). A resposta da planta sob tal condição depende do genótipo e estágio de desenvolvimento em que ela se encontra (Rocha et al., 2016). Durante o estágio vegetativo, sob restrição hídrica, o tomateiro ativa mecanismos fisiológicos e morfológicos que ajudam a mitigar os efeitos do estresse (Bacallao & Fundora, 2014). A planta pode apresentar redução do potencial de água na folha, da abertura estomática (Bergonci et al., 2000) e da assimilação de CO₂ (Silva et al., 2013). Além disso, provoca redução de massa fresca e seca do caule, do sistema radicular e das folhas, sendo também correlacionada com a diminuição do número de folhas por plantas (Morales et al., 2015). Esses resultados corroboram com os observados por Soares et al. (2011), que verificou redução no número de folhas de tomateiro submetido a deficiência hídrica.

Já no estágio de florescimento e frutificação, que é o período de maior sensibilidade a escassez hídrica, ocorre o abortamento de flores e frutos, redução no tamanho e teor de açúcares. Marouelli et al. (2006) observou que, plantas de tomateiro que não tem a sua demanda hídrica suprida na fase de frutificação apresentam frutos pequenos e ácidos, ou seja, de pior qualidade. Para a cultura do tomateiro apresentar alta produtividade, qualidade de fruto e reduzir a podridão apical, o seu sistema radicular necessita de no mínimo 80% de água disponível no solo (Filgueira, 2007), logo, a produção de tomate em locais com baixa pluviosidade é muito desafiadora (Dariva, 2019).

3.6 Eficiência do uso da água

O limbo foliar das plantas apresenta aberturas naturais denominadas estômatos, os quais permitem que ocorra as trocas gasosas. A medida em que a planta capta CO₂ da atmosfera, simultaneamente perde água por meio do processo de transpiração, sendo a condutância estomática o principal mecanismo de controle de troca gasosa das plantas (Silva et al., 2015). A condutância estomática depende de fatores como luz, temperatura, umidade do solo, potencial de água na folha, déficit de pressão de vapor do ar e condição nutricional da folha (Batista, 2011).

A eficiência do uso da água de uma planta é caracterizada pela quantidade de água transpirada para a produção de certa quantidade de matéria seca, assim, culturas que apresentam maior eficiência no uso da água, produzem maior quantidade de matéria seca por volume de água transpirada (Concenço et al., 2007).

Plantas sob restrição hídrica apresentam redução na taxa de assimilação de CO₂ devido ao fechamento estomático (Silva et al., 2013), o que impacta negativamente no acúmulo de fotoassimilados, podendo reduzir a produtividade e qualidade dos frutos (Paiva et al., 2005).

O tomateiro anão apresenta folha hipostomática, apresenta menor perda de água por transpiração em função da menor exposição à radiação solar (Polesi et al., 2011). O *Solanum*

pennellii é originário de uma região quente e seca, logo, é naturalmente tolerante a seca. Apresenta alta eficiência no uso da água, folhas mais espessas e menor condutância estomática (Morales, 2012).

3.7 Análises multivariadas e redes neurais artificiais

O sucesso do melhoramento genético vegetal depende da existência da variabilidade genética na população. É a partir desta variabilidade genética que o estudo da divergência genética se consolida como uma ferramenta importante para planejar e direcionar a hibridação, pois fornece parâmetros para a identificação de progenitores que, quando cruzados, possibilitam maior heterose e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas gerações segregantes (Ferrão, 2004).

O estudo e a compreensão da divergência genética por meio de técnicas multivariadas é fundamental nos programas de melhoramento genético pois, possibilitam melhor planejamento e definição de estratégias de trabalho (Guedes et al., 2013). As análises multivariadas são ferramentas estatísticas que possibilitam a avaliação simultânea de múltiplos caracteres.

Há vários métodos multivariados que podem ser empregados no estudo da divergência genética como a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), utilizada para quantificar a dissimilaridade genética entre indivíduos, os métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), além da Análise de Componentes Principais (ACP) e da Análise de Variáveis Canônicas, que permitem reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar os caracteres que mais contribuem para a variabilidade genética (Cruz et al., 2014). Por meio dessas técnicas, é possível selecionar genitores geneticamente divergentes, favorecendo cruzamentos com maior potencial para a obtenção de populações com ampla variabilidade genética e maiores ganhos por seleção.

O Mapa Auto-organizável de Kohonen (Self-Organizing Map – SOM) é um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNA) que tem sido amplamente utilizado nos estudos de

divergência genética (Costa et al., 2007). O SOM é um modelo não supervisionado que transforma dados multidimensionais em mapas bidimensionais, facilitando a visualização e a interpretação de padrões e agrupamentos (Junior, 2026). Além disso, apresenta elevada eficiência na classificação de genótipos e na identificação de grupos geneticamente distintos, tornando-se uma ferramenta promissora na seleção de genitores.

3.8 Medição de trocas gasosas utilizando o Infrared Gas Analyzer (IRGA)

As trocas gasosas dependem do mecanismo de abertura e fechamento estomático. O déficit hídrico, promove uma redução na condutância estomática e, conseqüentemente, diminuição nas taxas fotossintéticas e assimilação de CO₂. Em resposta ao déficit hídrico, a planta produz o fitohormônio ácido abscísico (ABA), o provoca o fechamento estomático (Liu et al., 2022). O acúmulo do ABA, resulta na inibição do crescimento da parte aérea e redução da produtividade (Krukowski, 2023).

A medição das trocas gasosas é uma ferramenta importante para a averiguação de como as plantas estão respondendo ao ambiente, ao manejo ou a estresses. Através dessa técnica, é possível avaliar a taxa fotossintética, monitorar o estresse hídrico, estimar a eficiência de uso da água e assim, selecionar genótipos superiores para estas características. Um dos equipamentos utilizados para medir o fluxo de trocas gasosas é o IRGA (Barros, 2015).

Por meio do IRGA (dispositivos com sistemas abertos, portáteis e com opção para controle de umidade, temperatura, luz e CO₂), é possível medir parâmetros como a taxa de assimilação do CO₂ (A), condutância estomática (gS) e taxa de transpiração (E) em tempo real, fornecendo informações sobre o estado fisiológico das plantas e sobre a ocorrência de condições de estresse (Henschel e Batista, 2021).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido entre março e setembro de 2023 na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (EEH-UFU), situada no Campus Monte Carmelo, MG ($18^{\circ}42'43,19''\text{S}$, $47^{\circ}29'55,8''\text{W}$, altitude de 873 m). O clima da região, segundo Köppen, é tropical (Aw), com temperaturas variando de 13°C a 30°C e precipitação anual de 1569,7 mm (SISMET, 2023).

Os dados médios referentes à temperatura máxima, média e mínima e precipitação durante a realização do experimento estão descritos na Figura 1.

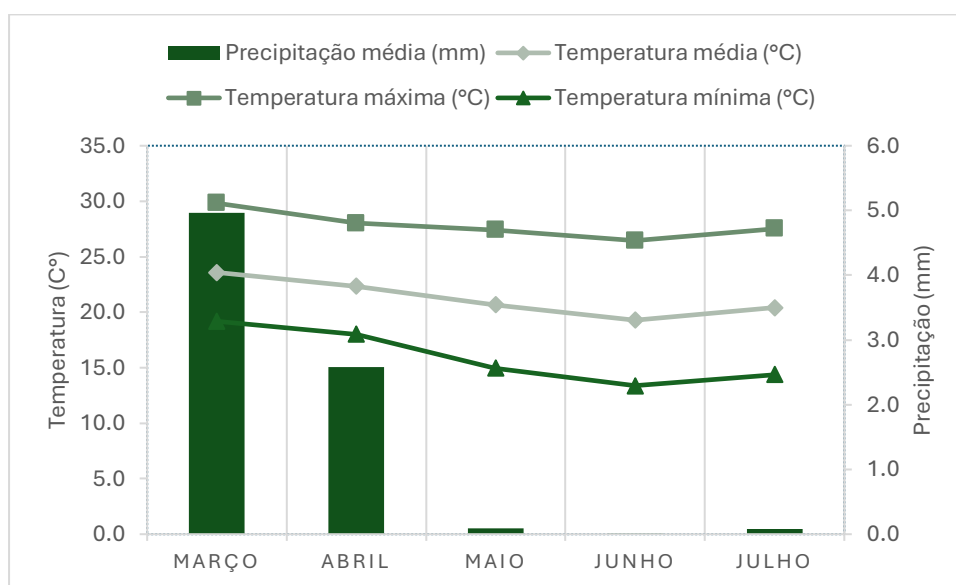


Figura 1. Climograma referente ao período de realização do experimento na cidade de Monte Carmelo, MG. Fonte: (SISMET, 2023).

As populações de plantas anãs utilizadas no estudo foram obtidas a partir do banco de germoplasma da UFU. A hibridação inicial foi realizada em 2018, cruzando UFU-TOM-

Mother-2 (♀) com UFU MC TOM 1 (♂). A linha materna, UFU-TOM-Mother-2, é uma linhagem homozigota pré-comercial de porte normal (DD) e hábito de crescimento indeterminado (SPSP), com características agronômicas de interesse para tomates tipo Santa Cruz. O parental masculino UFU MC TOM 1 é uma linhagem de porte anão (dd), com hábito de crescimento indeterminado (SPSP) e frutos do tipo minitomate (Maciel et al., 2015; Finzi et al., 2017).

A partir da geração F1, foram realizados retrocruzamentos sucessivos entre 2019 e 2022. O primeiro retrocruzamento (F1BC1) foi seguido de autofecundação, originando a geração F2BC1. Plantas de porte anão foram selecionadas nesta geração e submetidas a um segundo ciclo de retrocruzamento (F1BC2) e autofecundação, obtendo-se a geração F2BC2. O processo foi repetido para a geração F1BC3, com a obtenção da geração F2BC3. Nas gerações F2BC1, F2BC2 e F2BC3, foram selecionadas exclusivamente plantas anãs com *background* genético do tipo Santa Cruz. Posteriormente, essas plantas anãs foram utilizadas como genitores masculinos para a obtenção de híbridos.

Para obter os híbridos, foram realizados cruzamentos entre três genitores de arquitetura anão e hábito de crescimento indeterminado (parentais masculinos) e cinco linhagens pré-comerciais de tomate com frutos do tipo Santa Cruz, arquitetura normal e hábito de crescimento determinado.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 25 tratamentos e três repetições (Tabela 1).

Tratamento	Genótipo
1	Híbrido 1 (PF 5 x PM 1)
2	Híbrido 2 (PF 5 x PM 2)
3	Híbrido 3 (PF 5 x PM 3)
4	Híbrido 4 (PF 3 x PM 3)
5	Híbrido 5 (PF 3 x PM 2)
6	Híbrido 6 (PF 3 x PM 1)
7	Híbrido 7 (PF 1 x PM 1)

8	Híbrido 8 (PF 1 x PM 2)
9	Híbrido 9 (PF 1 x PM 3)
10	Híbrido 10 (PF 2 x PM 1)
11	Híbrido 11 (PF 2 x PM 3)
12	Híbrido 12 (PF 2 x PM 2)
13	Híbrido 13 (PF 4 x PM 3)
14	Híbrido 14 (PF 4 x PM 2)
15	Híbrido 15 (PF 4 x PM 1)
16	Parental Feminino (PF 1)
17	Parental Feminino (PF 2)
18	Parental Feminino (PF 3)
19	Parental Feminino (PF 4)
20	Parental Feminino (PF 5)
21	Parental masculino (PM 1)
22	Parental masculino (PM 2)
23	Parental masculino (PM 3)
24	Genitor doador (GD)
25	<i>Solanum pennellii</i>

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento.

Cada parcela experimental foi composta por seis plantas dispostas em fileiras simples, com espaçamento de $1 \times 0,25$ m. O cultivo foi conduzido em estufa arqueada de 7×21 m, com pé-direito de 4 m, coberta com filme de polietileno transparente de 150 μ m tratado com inibidores de ultravioleta e equipada com cortinas laterais de tela branca antipulgão. Todas as práticas agronômicas foram realizadas de acordo com protocolos estabelecidos para o cultivo de tomate em ambientes protegidos (Alvarenga, 2013; Finzi, 2020).

4.2 Avaliação dos parâmetros agronômicos

As colheitas foram realizadas semanalmente, de 11 de abril a 19 de junho de 2023, totalizando nove colheitas. Os frutos de cada parcela experimental foram colhidos no estágio de maturação completa, e as seguintes avaliações agronômicas foram conduzidas: diâmetro longitudinal dos frutos (DL), diâmetro transversal (DT); espessura de polpa (EP), produção de frutos por planta (PROD), expressa em quilogramas por planta; e a distância entre internódios (DI).

As médias das variáveis DL, DT, EP, PROD e DI foram calculadas com base nos valores obtidos de todas as plantas da parcela, após as nove colheitas.

4.3 Trocas gasosas

A eficiência no uso da água (A/g_s) foi avaliada aos 78 dias após o transplântio (DAT) em três folhas do terço médio de uma planta por parcela, durante o período da manhã (± 8 h). Para as medições, utilizou-se um analisador portátil de gás por radiação infravermelha (ILI-6800, Licor, Nebraska, EUA). O fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo (D_{Io}/RC), e o fluxo de captura de elétrons pelo centro de reação (T_{Ro}/RC) a eficiência máxima primária do processo fotoquímico no PSII (F_v/F_o), e a eficiência máxima do PSII (Phi_Po), parâmetros essenciais para a compreensão das mudanças de composição fotoquímica e não fotoquímica no fotossistema II das plantas em resposta ao ambiente, foram avaliados utilizando o fluorômetro portátil. Os dados foram coletados para os genótipos Genitor doador (GD), *Solanum pennellii*, um dos híbridos selecionados quanto ao potencial agronômico, o parental feminino (PF 2), e o parental masculino (PM 2).

4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ($p < 0,05$). As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Em seguida, foi realizada a análise multivariada de dissimilaridade genética entre os genótipos pela distância generalizada de Mahalanobis. A divergência genética foi representada por um dendrograma obtido pelo método hierárquico Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages (UPGMA). A contribuição relativa dos caracteres quantitativos foi calculada segundo critério de Singh (1981).

Adicionalmente, foi realizada uma classificação não supervisionada dos dados por meio de um mapa auto-organizável de Kohonen (SOM) (CRUZ; NASCIMENTO, 2018; SPANOGHE et al., 2020). Foram testados diferentes arranjos de neurônios, sendo escolhido o arranjo 4x4 para a classificação. Foi utilizado um número de 1000 interações para o processo de aprendizagem, com raio igual a um e a topologia hexagonal. Após a obtenção dos tratamentos em cada neurônio e a distância em relação aos neurônios vizinhos, foi realizado um agrupamento hierárquico dos mesmos com base no método UPGMA.

As análises foram realizadas no software GENES, integrado ao software Matlab (Cruz, 2016) e o software R v. 4.2.1 (R Core Team, 2023). Para gerar o SOM no software R, foi utilizado o pacote Kohonen (WEHRENS; KRUISSELBRINK, 2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desempenho agronômico dos híbridos

O experimento foi realizado em condições ideais para a cultura do tomateiro. A temperatura máxima observada atingiu 29,8°C e a mínima 13,4°C (Figura 1). O tomateiro

apresenta temperatura ideal de desenvolvimento na faixa de 10 a 35°C (ALVARENGA, 2013).

Os híbridos de tomateiro provenientes de parental masculino anão, os genótipos parentais e o genitor doador (UFU MC TOM1), diferiram estatisticamente para todos os parâmetros agronômicos avaliados. Os híbridos superaram o genitor doador em todas as características, sendo que para o diâmetro longitudinal (DL) os híbridos apresentaram 5.5 a 6.64 cm, híbrido 6 e 15, respectivamente (Figura 2A). Já para o diâmetro longitudinal (DL), os híbridos apresentaram 4.46 a 5.55 cm, híbridos 12 e 3, respectivamente (Figura 2B).

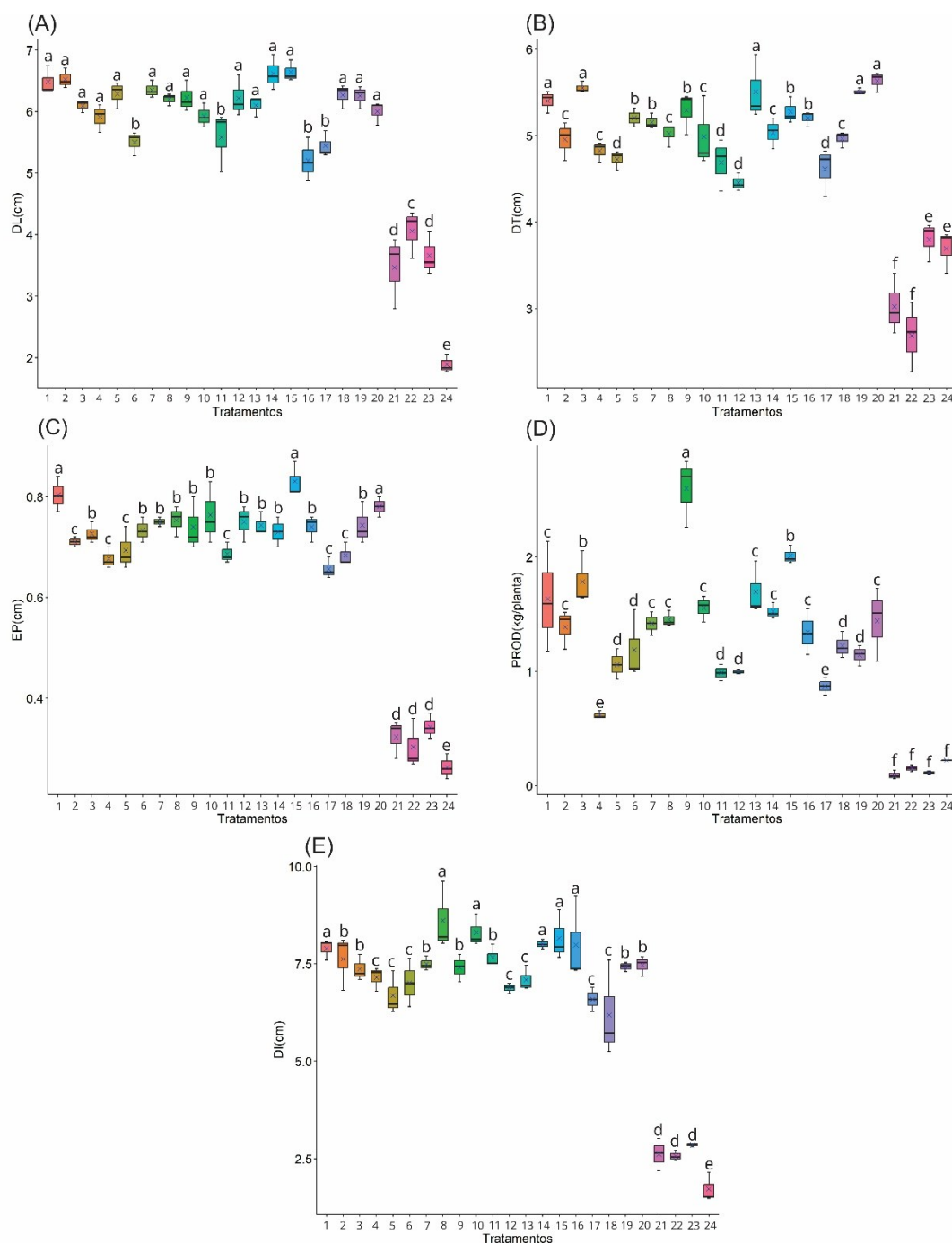


Figura 2. Médias referentes às avaliações agrônômicas relacionadas à diâmetro longitudinal em cm (DL), diâmetro transversal em cm (DT), espessura de polpa em cm (EP), produção em quilograma por planta (PROD) e distância entre internódios em cm (DI). 1: Híbrido (PF 5 x PM 1); 2: Híbrido (PF 5 x PM 2); 3: Híbrido (PF 5 x PM 3); 4: Híbrido (PF 3 x PM 3); 5: Híbrido (PF 3 x PM 2); 6: Híbrido (PF 3 x PM 1); 7: Híbrido (PF 1 x PM 1);

8: Híbrido (PF 1 x PM 2); 9: Híbrido (PF 1 x PM 3); 10: Híbrido (PF 2 x PM 1); 11: Híbrido (PF 2 x PM 3); 12: Híbrido (PF 2 x PM 2); 13: Híbrido (PF 4 x PM 3); 14: Híbrido (PF 4 x PM 2); 15: Híbrido (PF 4 x PM 1); 16: Parental feminino (PF 1); 17: Parental feminino (PF 2); 18: Parental feminino (PF 3); 19: Parental feminino (PF 4); 20: Parental feminino (PF 5); 21: Parental masculino (PM 1); 22: Parental masculino (PM 2); 23: Parental masculino (PM 3); 24: Genitor doador (GD).

O formato do fruto é determinado pela relação entre o DL e DT. O genitor doador (UFU MC TOM1) apresentou formato de fruto de 1.95, enquanto os híbridos tiveram o formato do fruto próximo de 1, tipo globular.

A espessura de polpa (EP) seguiu a mesma tendência, todos os híbridos se destacaram em relação ao genitor doador (UFU MC TOM 1), com maior evidência para os híbridos 1 e 15 que apresentaram maior espessura de polpa de 0,80 e 0,83mm, sendo estes resultados maiores em relação aos parentais (Figura 2C).

Estes resultados indicam a melhoria na qualidade do fruto, tendo em vista que frutos com polpa mais espessa apresentam maior firmeza e resistência mecânica (Vieira et al., 2019).

A produção por planta (PROD) é uma das principais características a serem avaliadas visando obter híbridos mais produtivos. O híbrido 9 (PF 1 x PM 3) obteve a maior PROD atingindo 2,6 kg por planta, seguido dos híbridos 3 (PF 5 x PM 3) e 15 (PF 4 x PM 1) que tiveram 1.78 e 2.01 kg por planta, sendo superiores aos parentais (Figura 2D).

Com relação a distância de internódio (DI), os híbridos 4, 5, 6, 12 e 13 (7.15, 6.68, 7.01, 6.88, e 7.09, nesta mesma ordem) tiveram DI menor em relação aos parentais femininos 19 (PF 4) e 20 (PF 5) (7.42 e 7.46). Como esperado, a menor DI observada foi para o genitor doador, seguido dos parentais masculinos (Figura 2E). A variável DI está relacionada com a arquitetura da planta, uma vez que internódios mais curtos permitem obter plantas mais compactas (Finzi et al., 2017).

A utilização de genes de nanismo em tomateiro (herança monogênica) (Maciel et al., 2015) resulta em híbridos com internódios curtos e alta produtividade. Estudos como o de Finzi et al. (2017) e Pereira et al. (2024) demonstram que híbridos resultantes de cruzamentos

entre genitores com arquitetura normal e genitores anões produzem um maior número de pencas por metro linear.

O dendrograma agrupou os genótipos em três grupos de acordo com os níveis de similaridade em: Grupo I incluiu a maioria dos híbridos, que exibiram resultados intermediários para EP e PROD. Este grupo também incluiu híbridos 4, 5, 6, 12 e 13 que pelo teste de média apresentaram os menores valores de DI em relação aos parentais femininos, tornando-os promissores para cultivos que buscam qualidade de frutos sem comprometer a arquitetura da planta (Figura 3).

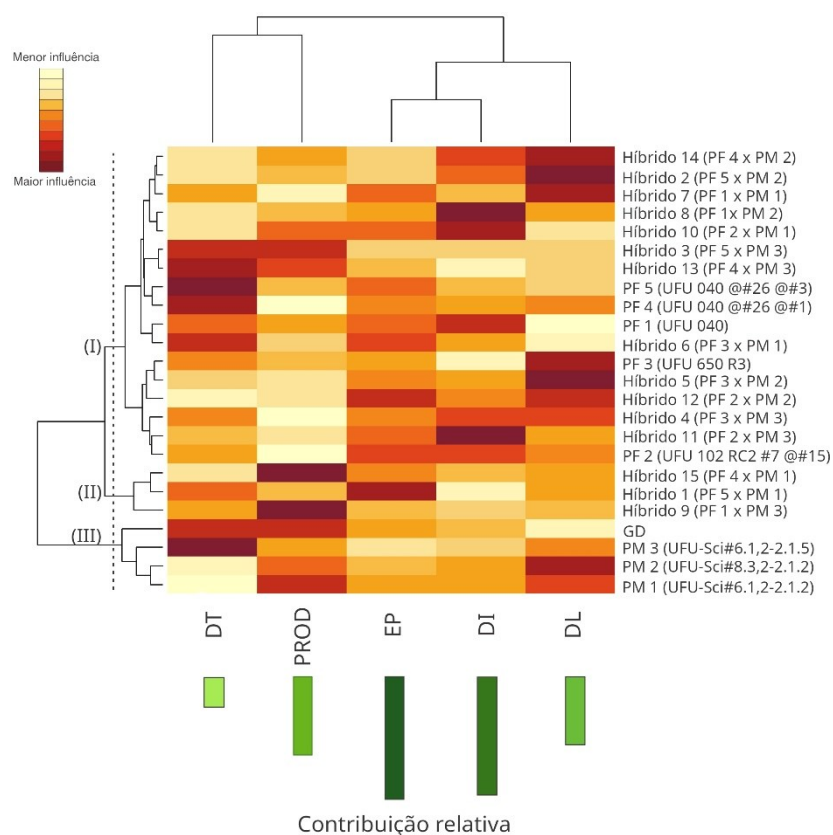


Figura 3. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre os parentais, híbridos e genitor doador de tomateiro, obtido pelo método UPGMA. Diâmetro transversal em cm (DT), produção em quilograma por planta (PROD), espessura de polpa em cm (EP), distância entre internódio em cm (DI) e diâmetro longitudinal em cm (DL). PF: parental feminino; PM: parental masculino; GD: genitor doador.

O Grupo II reuniu os híbridos 1, 9 e 15, com altos valores de espessura de polpa (EP), sendo o híbrido 15 particularmente relevante por combinar boa produção e polpa espessa. Esses genótipos foram responsáveis por uma diferenciação genética considerável no grupo, sendo candidatos promissores para programas de melhoramento focados em plantas compactas e produtivas.

Por outro lado, o Grupo III abrangeu o genitor doador (GD) e os parentais masculinos, que exibiram a menor influência nos parâmetros avaliados, especialmente em termos de espessura de polpa (EP) e produção por planta (PROD). O genitor doador, apresentou características típicas de plantas de porte anão com a menor distância entre internódios (1,71 cm), com produtividade reduzida (0,22 kg/planta) e espessura de polpa inferior (0,26 cm). Apesar das limitações agronômicas, esses genótipos possuem arquitetura adequada para sistemas de cultivo intensivo. Neste estudo, foi evidente que benefícios como menor arquitetura de planta e maior produção podem ser alcançados ao utilizar genitores de tomateiro anão para obtenção de híbridos. Esses resultados corroboram com Finzi (2017).

Além da formação dos grupos, é possível visualizar na parte interna do dendrograma que as cores mais escuras variando do laranja ao marrom (mais intensas) torna evidente uma maior resposta do genótipo à variável em estudo, a exemplo da variável EP em que os híbridos 1 e 12 tiveram os maiores valores. A espessura de polpa (EP), foi a característica que mais contribuiu para a dissimilaridade genética (29.38%), seguida por DI (28.32%) e PROD (18.80%).

Foram formados 16 neurônios, sendo que dois destes neurônios não tiveram nenhum genótipo, permitindo a formação de 14 grupos pelo método de agrupamento de redes neurais (Figura 4A).

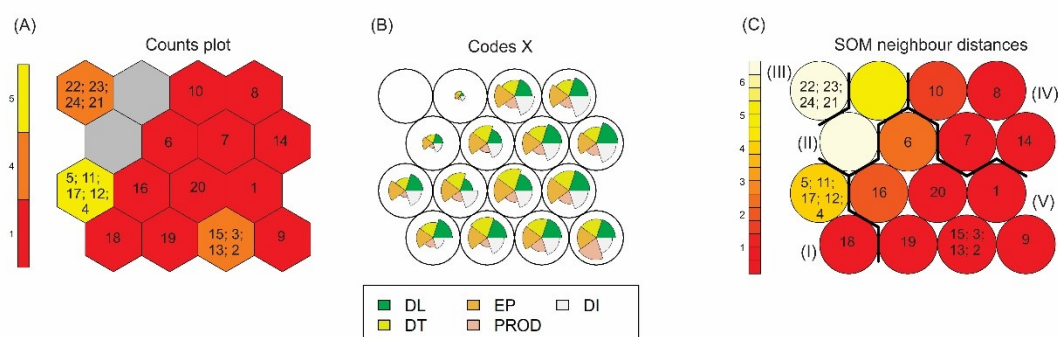


Figura 4. (A): Classificação dos tratamentos em função do número de neurônios. (B): Representação dos neurônios e a magnitude de influência das variáveis. (C): Distâncias dos vizinhos mais próximos e clusterização dos neurônios com base no método UPGMA em função das distâncias. Diâmetro longitudinal em cm (DL); diâmetro transversal em cm (DT); espessura de polpa em cm (EP); produção em quilograma por planta (PROD); distância entre internódio em cm (DI). I, II, III, IV e V: clusters obtidos após o agrupamento dos tratamentos. 1: Híbrido (PF 5 x PM 1); 2: Híbrido (PF 5 x PM 2); 3: Híbrido (PF 5 x PM 3); 4: Híbrido (PF 3 x PM 3); 5: Híbrido (PF 3 x PM 2); 6: Híbrido (PF 3 x PM 1); 7: Híbrido (PF 1 x PM 1); 8: Híbrido (PF 1 x PM 2); 9: Híbrido (PF 1 x PM 3); 10: Híbrido (PF 2 x PM 1); 11: Híbrido (PF 2 x PM 3); 12: Híbrido (PF 2 x PM 2); 13: Híbrido (PF 4 x PM 3); 14: Híbrido (PF 4 x PM 2); 15: Híbrido (PF 4 x PM 1); 16: Parental feminino (PF 1); 17: Parental feminino (PF 2); 18: Parental feminino (PF 3); 19: Parental feminino (PF 4); 20: Parental feminino (PF 5); 21: Parental masculino (PM 1); 22: Parental masculino (PM 2); 23: Parental masculino (PM 3); 24: Genitor doador (GD).

O efeito de cada variável sobre cada grupo formado no SOM foi demonstrado, sendo as variáveis DL, DT, EP, DI e PROD responsáveis pelo arranjo obtido (Figura 4B). A clusterização dos neurônios com base no método UPGMA em função das distâncias agrupou os genótipos em cinco grupos (Figura 4C). Grupo I formado pelos híbridos: 4, 5, 11, 12 e os parentais femininos 17 (PF 2) e 18 (PF 3). Grupo II não apresentou nenhum genótipo, e grupo III de forma similar ao dendrograma (Figura 3), os parentais masculinos e o genitor doador ficaram juntos. O grupo IV com os híbridos 7, 8, 10 e 14 e o grupo V composto pelos híbridos 1, 2, 3, 6, 9, 13, 15, e os parentais femininos 16 (PF 1), 19 (PF 4) e 20 (PF 5).

A análise da matriz de correlação de Person revelou que todas as variáveis apresentaram correlações positivas e de alta magnitude ($\geq 0,77$), com maior evidência para a correlação entre EP e as variáveis DI, DL e DT. Frutos maiores em comprimento e largura tendem a apresentar polpa mais espessa, tornando-os mais firmes e resistentes. Além disso, os genótipos que obtiveram a maior DI apresentaram frutos mais espessos (Figura 5).

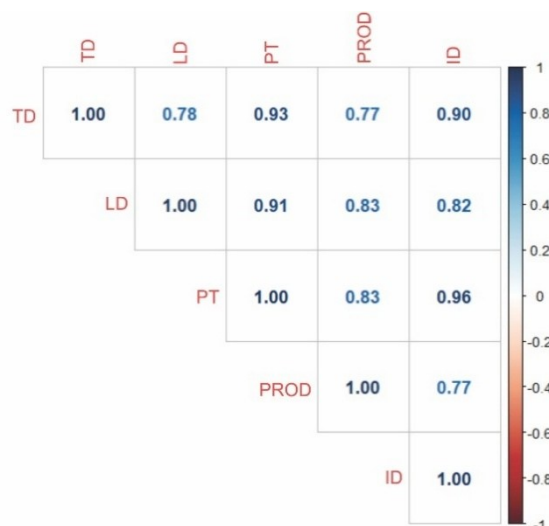


Figura 5. Gráfico de correlação para as características relacionadas à diâmetro transversal em cm (DT); diâmetro longitudinal em cm (DL); espessura de polpa em cm (EP); produção em quilograma por planta (PROD); distância entre internódio em cm (ID). Correlações positivas são exibidas em tons de azul e correlação negativas expressas em tons de vermelho à 5% pelo coeficiente de correlação de Pearson.

5.2 Parâmetros fotossintéticos

O híbrido 12 apesar de ter resultados intermediários para PROD, EP, DT e DL, se destacou em relação aos parentais apresentando bons resultados para DI. Diante deste desempenho, foram avaliados a eficiência fotossintética das plantas e comparados aos dos seus parentais, do genitor doador e de *S. pennellii*.

Os genótipos diferiram quanto aos parâmetros fotossintéticos avaliados (Figura 6). A fluorescência máxima (Fm) foi maior no *Solanum pennelli*, no híbrido 12 e no parental feminino (PF 2), enquanto o Phi_Po manteve similar entre todos os genótipos (Figura 6A e I). Esses resultados sugerem que esses materiais, especialmente o híbrido 12, apresentam maior integridade estrutural e funcional do FSII, refletida pela elevação de Fm. Valores mais baixos de Fm e Phi_Po podem estar relacionados a danos ou desorganização nos complexos

do FSII, reduzindo a capacidade máxima de conversão de energia luminosa em energia química (Dias et al., 2019).

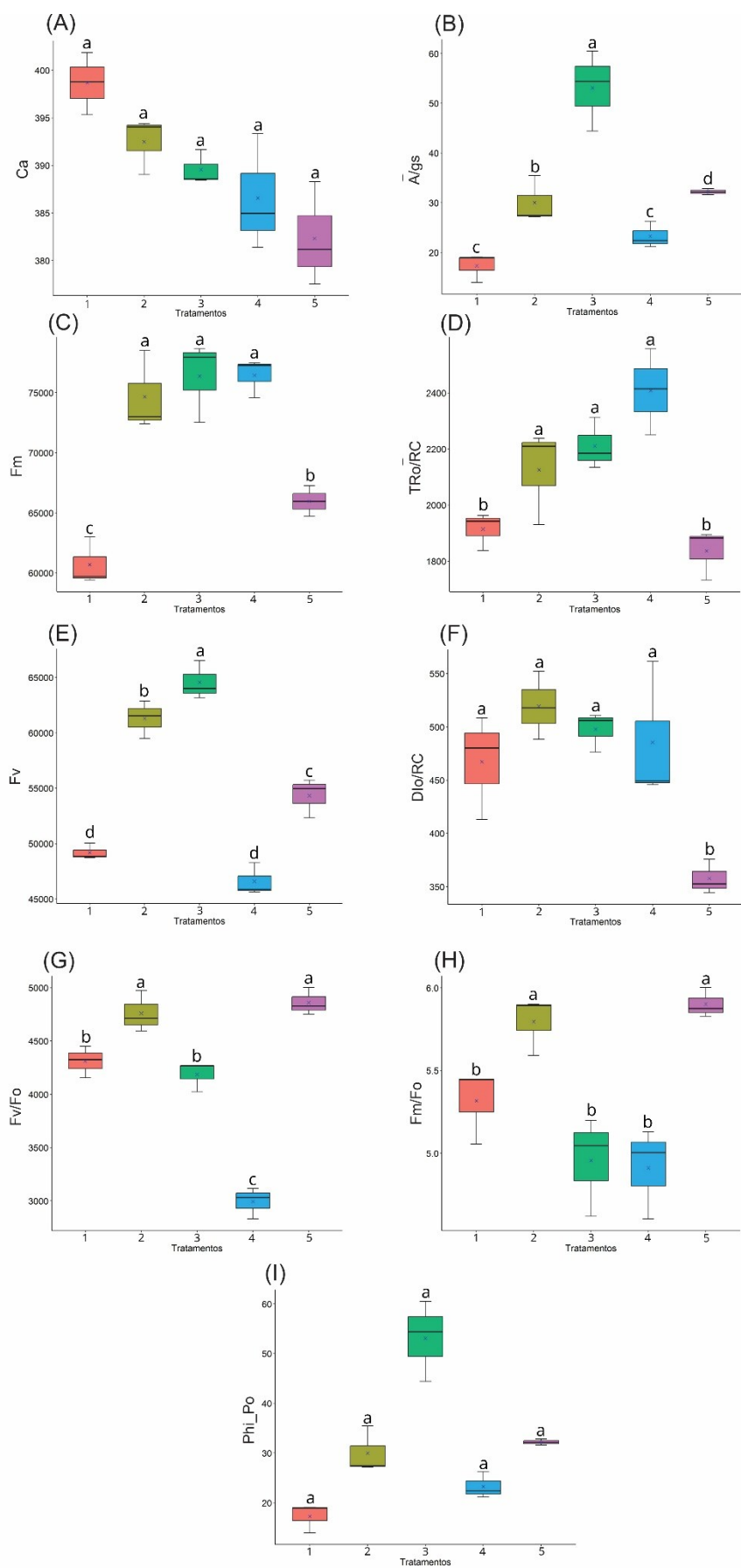


Figura 6. Médias referentes às avaliações agronômicas relacionadas à Concentração de CO₂ do ambiente (Ca), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s), fluorescência máxima da clorofila adaptada ao escuro por 20 minutos (F_m), fluxo de captura de elétrons pelo centro de reação (TRo/RC), fluorescência variável (F_v), fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo (DIO/RC), eficiência máxima primária do processo fotoquímico no PSII (F_v/F_o), transporte de elétrons através do PSII (F_m/F_o) e eficiência máxima do PSII (Phi_Po). 1: Genitor doador (GD); 2: *Solanum pennellii*; 3: Híbrido 12 (PF 2 x PM 2); 4: Parental feminino (PF 2); 5: Parental masculino (PM 2).

Os maiores valores da eficiência máxima primária do processo fotoquímico no PSII (F_v/F_o) foram observados no *Solanum pennellii* e no parental masculino (PM 2), seguido do genitor doador e do híbrido 12 (Figura 6G). Enquanto, a fluorescência variável foi maior no híbrido 12 (Figura 6E). A razão F_v/F_o é considerada como um dos parâmetros mais sensíveis da cadeia de transporte de elétrons para a fotossíntese (Mohammed et al., 2003). O aumento de F_v/F_o nos genótipos sugere maior integridade funcional dos centros de reações do PSII e/ou maior número de centros de reações ativos, resultando em maior eficiência no transporte de elétrons. Esse efeito pode contribuir para o desempenho fotossintético, mesmo em condições de estresse. Por outro lado, a redução em F_v/F_o observada no parental feminino reflete a redução em F_v, indicando uma capacidade limitada no transporte de elétrons para os aceptores primários. Essa sensibilidade pode deixar a planta mais vulnerável à estresses bióticos e abióticos (Janka et al., 2013).

O transporte de elétrons através do PSII (F_m/F_o) foi maior no *Solanum pennellii* e no parental masculino (PM 2) (Figura 6H). Valores elevados de F_m/F_o indicam que o aparato fotossintético está funcionando adequadamente e promovendo maior eficiência no transporte de elétrons.

O fluxo de captura de elétrons pelo centro de reação (TRo/RC) foi menor no genitor doador e no parental masculino, sugerindo uma menor capacidade dos RCs em reduzir a plastoquinona (QA) (Figura 6D). O DIO/RC, por outro lado, representa a razão entre a dissipação total da energia não utilizada na redução de QA por RCs ativos, ocorrendo como calor, fluorescência ou transferência de energia (Kissi et al., 2020). Neste estudo, os maiores

valores de DIO/RC foram registrados no genitor doador, *Solanum pennellii*, híbrido 12 e parental feminino (Figura 6F). De acordo com Taiz et al., (2017), DIO/RC também pode refletir a integridade do PSII, uma vez que, a energia não direcionada para a fase fotoquímica precisa ser dissipada para evitar o acúmulo de elétrons livres, que favorecem o estresse oxidativo. Por sua vez, o valor pouco alterado de DIO/RC no parental masculino sugere utilização da energia pelos centros de reações.

Para a concentração de CO₂ do ambiente (Ca), não houve diferença estatística entre os genótipos, uma vez que todos se encontravam no mesmo ambiente e nas mesmas condições (Figura 6A).

Ao selecionar genótipos, é crucial considerar tanto a eficiência fotossintética como visto anteriormente, quanto a resposta a demanda no uso de água. Neste estudo, o híbrido 12 apresentou os melhores resultados para a eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) (Figura 6B), seguido de *S. pennellii*. Os valores encontrados para A/gs podem auxiliar em decisões relacionadas ao manejo da irrigação, indicando maior controle estomático e menor perda de água. Esses resultados são particularmente importantes quando considerados os desafios enfrentados pelas regiões produtoras de tomate no Brasil, onde a escassez hídrica é uma constante (Lima et al., 2024; Silva et al., 2025; Silva et al., 2024).

A respeito dos parâmetros fotossintéticos, a variável Fv/Fo exerceu grande influência na separação dos genótipos em quatro grupos (89.35%). Grupo I, composto por *S. pennellii* e o híbrido 12, apresentou alta similaridade e se destacou pelos elevados valores de eficiência fotossintética. Grupo II, com o parental feminino PF 2 (UFU 102 RC2 #7 @#15). Grupo III, formado pelo parental masculino PM 2 (UFU-Sci#8.3,2-2.1.2), e o Grupo IV, composto pelo genitor doador (Figura 7).

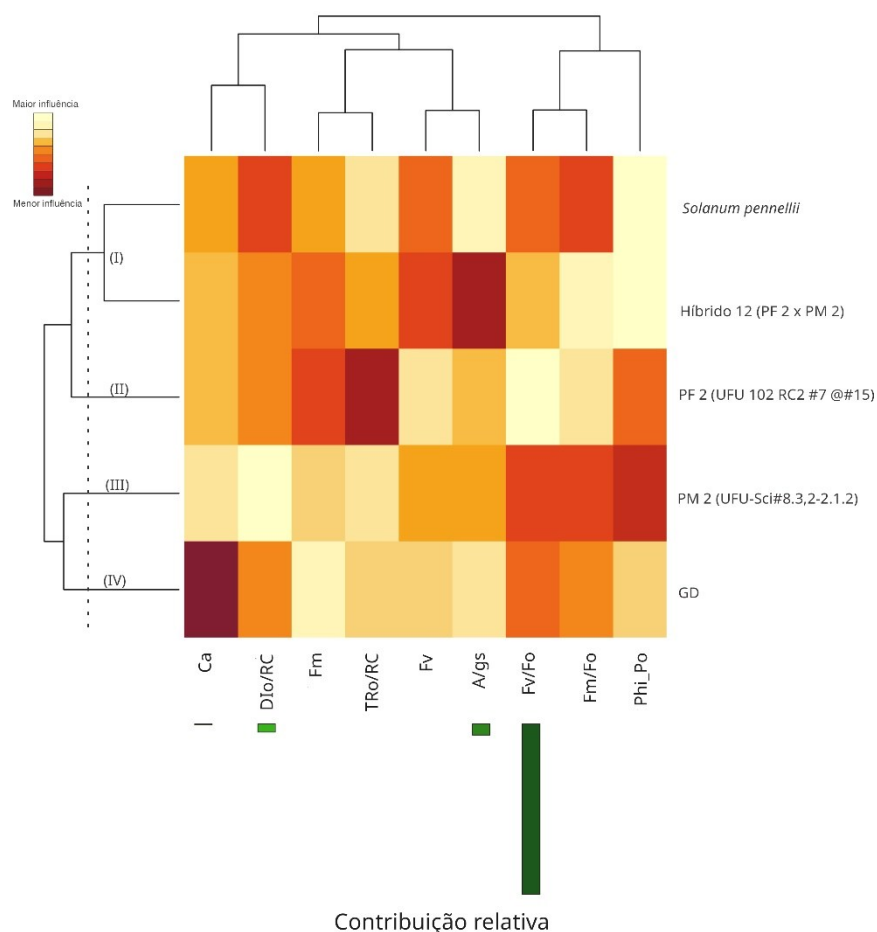


Figura 7. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre os parentais, híbridos e genitor doador de tomateiro, obtido pelo método UPGMA. Concentração de CO₂ do ambiente (Ca), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s), fluorescência máxima da clorofila adaptada ao escuro por 20 minutos (Fm), fluxo de captura de elétrons pelo centro de reação (TRo/RC), fluorescência variável (Fv), fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo (DIO/RC), eficiência máxima primária do processo fotoquímico no PSII (Fv/Fo), transporte de elétrons através do PSII (Fm/Fo) e eficiência máxima do PSII (Phi_Po). 1: Genitor doador (GD); 2: *Solanum pennellii*; 3: Híbrido 12 (PF 2 x PM 2); 4: Parental feminino (PF 2); 5: Parental masculino (PM 2).

O fato do grupo 1 agrupar o *S. pennellii* e o híbrido 12, confirma a hipótese que este híbrido é indicado para condições de baixa disponibilidade de água, tendo em vista, os bons resultados obtidos para parâmetros de eficiência fotossintética (Figura 6 e 7).

Correlações positivas de 0.85, 0.84 e 0.83 foram obtidas para TRo/RC e Fm, A/gs e Fv, e Fv/Fo e Fm/Fo, respectivamente, indicando dependência destas variáveis (Figura 8).

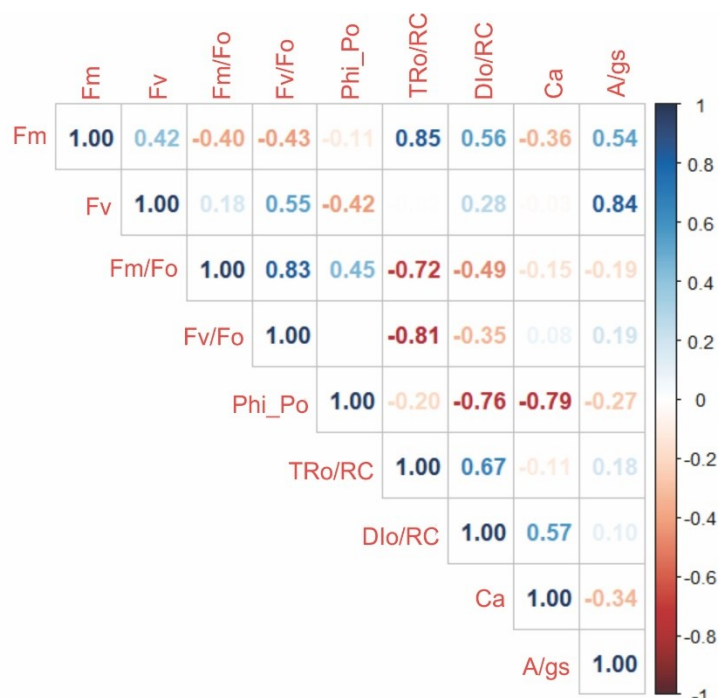


Figura 8. Gráfico de correlação para as características relacionadas à fluorescência máxima da clorofila adaptada ao escuro por 20 minutos (Fm), fluorescência variável (Fv), transporte de elétrons através do PSII (Fm/Fo), eficiência máxima primária do processo fotoquímico no PSII (Fv/Fo), eficiência máxima do PSII (Phi_Po), fluxo de captura de elétrons pelo centro de reação (TRo/RC), fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo (Dlo/RC), concentração de CO₂ do ambiente (Ca), eficiência intrínseca do uso da água (A/gs). Correlações positivas são exibidas em tons de azul e correlação negativas expressas em tons de vermelho à 5% pelo coeficiente de correlação de Pearson.

Foram definidos quatro neurônios (Figura 9A) e posteriormente quatro grupos com base no método UPGMA em função das distâncias (Figura 9C). Grupo I: genitor doador e o

S. pennellii, grupo II: parental feminino (PF 2), grupo III: parental masculino (PM 2) e grupo IV com o híbrido 12. A maioria das variáveis analisadas foram expressivas para que o híbrido 12 estivesse no grupo IV, comprovando o seu potencial (Figura 9B).

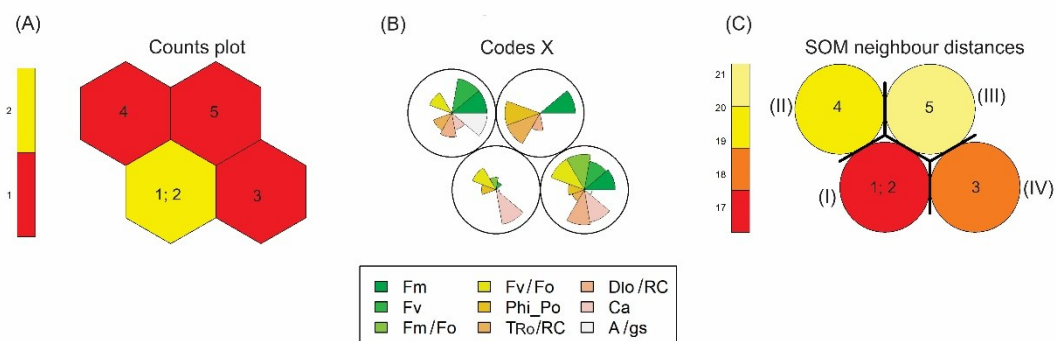


Figura 9. (A): Classificação dos tratamentos em função do número de neurônios. (B): Representação dos neurônios e a magnitude de influência das variáveis. (C): Distâncias dos vizinhos mais próximos e clusterização dos neurônios com base no método UPGMA em função das distâncias. Fluorescência máxima da clorofila adaptada ao escuro por 20 minutos (Fm), fluorescência variável (Fv), transporte de elétrons através do PSII (Fm/Fo), eficiência máxima primária do processo fotoquímico no PSII (Fv/Fo), eficiência máxima do PSII (Phi_Po), fluxo de captura de elétrons pelo centro de reação (TRo/RC), fluxo de energia dissipada por centro de reação ativo (Dlo/RC), concentração de CO₂ do ambiente (Ca), eficiência intrínseca do uso da água (A/gs). I, II, III e IV: clusters obtidos após o agrupamento dos tratamentos. 1: Genitor doador (GD); 2: *Solanum pennellii*; 3: Híbrido 12 (PF 2 x PM 2); 4: Parental feminino (PF 2); 5: Parental masculino (PM 2).

O híbrido 12 apresenta potencial para o programa de melhoramento visando plantas menores e com características agrônomicas desejáveis. Entretanto, são necessários mais estudos para explorar melhor o seu potencial, principalmente quanto a eficiência hídrica.

6. CONCLUSÃO

O cruzamento entre uma planta normal (♀) e uma planta anã (♂) possibilita a obtenção de híbridos com maior potencial comercial devido a superioridade nos quesitos agronômicos como plantas mais compactas, mais produtivas e com maior qualidade de fruto, características buscadas pelos tomaticultores.

O Mapa Auto-Organizável de Kohonen (SOM) identificou de forma mais detalhada e minuciosa a dissimilaridade genética entre os genótipos estudados, formando diferentes agrupamentos em relação ao dendrograma, evidenciando maior confiabilidade nos resultados.

O híbrido 12 se destacou apresentando bons resultados para DI. Aliado a isto, apresentou os melhores resultados para os parâmetros fotossintéticos avaliados, principalmente para a eficiência intrínseca do uso da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

BACALLAO, M. F.; FUNDORA, L. B. Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Cultivos Tropicales**. La Habana, v. 35, n.3, p.70-88, Set. 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232155008.pdf>. Acesso: 01 mar. 2024.

BAJON, A.; KIDÓN, M.; KOBUS-CISOWSKA, J. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) as a Source of Bioactive Compounds: Functional Properties and Technological Aspects—A Review. **Nutrients**, v. 18, n.13, p.2084. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu18132084>. Acesso em: 20 jul. 2026

BARROS, T. H. S. **Eficiência do uso da água em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento com base em medições de trocas gasosas IRGA: fotossíntese e transpiração**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-17092015->

163001/publico/Timoteo_Herculino_da_Silva_Barros_versao_revisada.pdf. Acesso em 27 mai. 2026

BATISTA, T. M. V. **Fotossíntese e condutância estomática de tomate SM-16 e Mariana cultivados com diferentes tipos de cobertura do solo**. 2011, 43p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/403b1505-c8e8-4f81-afd5-aaf58e2b08ed>. Acesso em: 05 mai. 2024.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASHI, H.; ROSA, L. M. G.; SANTOS, A. O. Condutância foliar como indicador de déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.8, n.1, p. 27-34, 2000. Disponível em: <https://sbgro.org/files/biblioteca/1224.pdf>. Acesso: 07 fev. 2024.

BHANDARI, R.; NEUPANE, N.; ADHIKARI, D. P. Climatic change and its impact on tomato production in plain area of Nepal. **Environmental Challenges**. v. 4, p. 100-129, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100129>

BLAIN, G. C.; SOBIERAJSKI, G. da R.; MARTINS, L. L. Descrevendo mudanças climáticas no estado de São Paulo: um norte para desenvolvimento de técnicas de resiliência. **O Agrônomo**, v. 75, p. 18–29, 2023

CARMO, S. M. C.; JACINTO, A. C. P.; MARTINS, A. C. G.; MACIEL, G. M.; SIQUIEROLI, A. C. S.; NAKAMURA, A. T. Densidade estomática de genótipos de tomateiro. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA AGRÁRIAS E AMBIENTEIS, 10, 2023, Monte Carmelo. **Anais[...]**. Monte Carmelo: Universidade Federal de Uberlândia, 2023.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; FIALHO, C. M. T. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**. Viçosa, v.25, n.3, p.449-455, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300003> . Acesso: 03 mar. 2024

COSTA, J. A. F.; NETTO, M. L. A. Segmentação de mapas auto-organizáveis com espaço de saída 3-D. **Revista Controle & Automação**. v.18, n.2, junho 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-17592007000200002>. Acesso: 20 mai. 2026.

CRUZ, C. D. Genes Software—extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 38, n. 4, p. 547–552, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, v. 2., ed. 3, 2014.

CRUZ, C. D.; NASCIMENTO, M. Inteligência computacional aplicada ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, p. 414, 2018.

DARIVA, F. D. **Morfofisiologia de linhagens de introgressão de *Solanum pennellii* Corr. submetidas ao déficit hídrico.** 2019, 05p. Dissertação – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/29055> . Acesso em: 15 mai. 2024

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 32, n. 2, p. 429 – 439, abr. – jun., 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n216rc>.

FERRÃO, R.G. **Biometria aplicada ao melhoramento genético do café conilon.** 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. Disponível em: <https://sbicafe.ufv.br/server/api/core/bitstreams/6d8a533d-20e5-4d66-bd0f-2f5fe10e8c0d/content>. Acesso em 15 mai. 2026

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2007.

FINZI, R.R.; MACIEL, G.M.; PERES, H.G.; SILVA, M.F.E.; PEIXOTO, J.V.M.; GOMES, D.A. Potencial agrônômico de populações de tomateiro redondo anão BC1F2. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.44, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044028819>.

FINZI, R.R.; MACIEL, G.M.; LUZ, J.M.Q.; CLEMENTE, A.A.; SIQUIEROLI, A.C.S. Growth habit in mini tomato hybrids from a dwarf line. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 33, n. 1, p. 52-56, jan.-feb. 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/35763/19749/155155>.

FUMES, L. A. A. **Obtenção e avaliação de híbridos de tomateiros com gene de nanismo visando o processamento industrial dos frutos.** 2020. 67 f., Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/512d1c7b-81c6-4792-b065-b5514f731e91/content>. Acesso em 12 mai. 2026

GONÇALVES NETO, A. C.; SILVA, V.F.; MALUF, W. R.; MACIEL, G. M.; NÍZIO, D. A. C.; GOMES, L. A. A.; AZEVEDO, S.M. Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de açúcares nas folhas. **Horticultura Brasileira**.v.28, n.2, p.203-208, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200011>

GUEDES, J. M.; VILELA, D. J. M.; REZENDE, J. C.; SILVA, F. L.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, S. P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe.

Bragantia. Campinas, v. 72, n. 2, p.127-132, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/BxjnKBsXk5cwhV8TH7cmCDH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 20 mai. 2026.

HENSCHER, J. M.; BATISTA, D. S. Tutorial de operação do IRGA (LCpro-SD, ®ADC BioScientific). Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Diego-Batista-2/publication/354872517_Tutorial_de_operacao_do_IRGA_LCpro-SD_R_ADC_BioScientific/links/61522a78154b3227a8b3d8a0/Tutorial-de-operacao-do-IRGA-LCpro-SD-R-ADC-BioScientific.pdf. Acesso em: 01 jun. 2026

JACINTO, A.C.P.; RIBEIRO, A.L.A.; MACIEL, G.M.; PINTO, F.G; IKEHARA, B. R. M.; ALMEIDA, N.R.; TEBALDI, N.D. Inactivated bacterial suspension as an attenuator for the control of bacterial spot (*Xanthomonas euvesicatoria* pv. *perforans*) in dwarf tomato plants. **Tropical Plant Pathology**. v. 50, p. 40, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40858-025-00727-y>

JACINTO, A. C. P.; RIBEIRO, A. L. A.; MACIEL, G. M.; TEBALDI, N. D. Reaction of Tomato Lineages and Hybrids to *Xanthomonas euvesicatoria* pv. *perforans*. **Agronomy**, v. 14, p. 1-8, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy14061211>

JANKA, E.; KORNER, O.; ROSENQVIST, E.; OTTOSEN, C.O. High temperature stress monitoring and detection using chlorophyll a fluorescence and infrared thermography in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*). **Plant Physiology and Biochemistry**. p.87-94, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.02.025>.

JUNIOR, E.R.S. **Redes neurais artificiais, adaptabilidade e estabilidade para caracterizar linhagens elite de manjeriço**. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2026. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/48544/5/redesNeuraisArtificiaisAdaptabilidade.pdf>. Acesso em 15 mai. 2026

KISSI, Y. A.; MOTTA, I. S.; DUBOC, E.; SANTIAGO, E. F. Influência da composição do substrato no desempenho morfofisiológico das mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume. **Revista desafios**. v. 7, n.4, p.1-13, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1140158/1/3726.pdf>

KRUKOWSKI, P. K.; COLANERO, S.; SUTTI, A.; MARTIGNAGO, D.; CONTI, L. How Changes in ABA Accumulation and Signaling Influence Tomato Drought Responses and Reproductive Development. **International Journal of Plant Biology**. v. 14, n. 1, p. 162-176, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijpb14010014>. Acesso em: 20 jul. 2026.

KÜRKLÜ, A.; PEARSON, S.; FELEK, T. Climate change impacts on tomato production in high-tech soilless greenhouses in Türkiye. **BMC Plant Biology**. v.25, p.339, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06307-1>

LIMA, A.F.S.; BARROS, V.S.; SILVA, A.O.; GONDIM, R. S.; FIGUEIRÊDO, M. C. B.; COSTA, R. N. T.; LACERDA, C. F.; SALES, J. R. S.; SILVA, E. F. F. Carbon and water scarcity footprints of banana under current and future climate conditions in the Brazilian semiarid region. **Environmental Development**. v. 51, 2024. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.101034>

LIU, H.; SONG, S.; ZHANG, H.; YANHUA LI, L. N.; ZHANG, J.; WANG, W. Signaling Transduction of ABA, ROS, and Ca^{2+} in Plant Stomatal Closure in Response to Drought.

International Journal of Molecular Sciences. v. 23, n. 23, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/ijms232314824>. Acesso em 20 jul. 2026

MACIEL, G.M.; GALLIS, R.B.A.; BARBOSA, R.L.; PEREIRA, L.M.; SIQUIEROLI, A.C.S.; PEIXOTO, J. V. M. Image phenotyping of inbred red lettuce lines with genetic diversity regarding carotenoid levels. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v.81, p.154-160, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030324341930008X>

[MACIEL, G.M.](#); [OLIVEIRA, C.S.](#); SIQUIEROLI, A.C.S.; PEREIRA, L.M.; RIBEIRO, A.L.A.; PINTO, F.G.; IKEHARA, B.R.M.; SILVA, N.C.Q.; FARIAS, A.K.S.R. New insights into the use of dwarf tomato plants for pest resistance. **Bragantia**. v. 83, p. 1-9, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20240066>

MACIEL, G. M.; MARQUEZ, G.R.; SILVA, E.C.; ANDALÓ, V.; BELLOTI, I.F. Tomato genotypes with determinate growth and high acylsugar content presenting resistance to spider mite. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.18, p.1-8, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1a1>

MACIEL, G.M.; SILVA, E. C.; FERNANDES, M. A. R. Ocorrência de nanismo em plantas de tomateiro do tipo grape. **Revista Caatinga**. Mossoró, v.28, n.4, p.259 – 264, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n429rc>

MALUF, W. R.; SILVA, V. F.; CARDOSO, M. G.; GOMES, L. A. A.; NETO, A. C. G.; MACIEL, G. M.; NÍZIO, D. A. C. Resistência à traça do tomate sul-americana *Tuta absoluta* em genótipos de tomate com alto teor de acilaçúcar e/ou alto zingibereno. **Euphytica**. v. 176, p. 113-123, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0234-8>

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 24, n.3, p.342-346, Set. 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/9gpQ49DKMCYCQNWJzWvHCWy/?lang=pt&format=pdf>.

Acesso: 01 mar. 2024.

MATTOS, T.P.; MACIEL, G.M; [OLIVEIRA,C.S.](#); RIBEIRO, A.L.A.; SIQUIEROLI, A.C.S.; SILVA, N.C.Q.; OLIVEIRA, O.R.; PEREIRA, V.A. Introgression of dwarfing genes into tomato fruit through backcrossing aiming at salad-type background. **Revista Caatinga**. Mossoróv. 38, p. 1-10, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252025v38i2718rc>

MOHAMMED, G. H.; ZARCO-TEJADA, P.; MILLER, J. R. Applications of chlorophyll fluorescence in forestry and ecophysiology. *In*: DEELL, J. R.; TOIVONEN, P. M. A. (ed.). **Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology**. Boston: Springer, 2003. p. 79–124

MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; BORDINI, I. C.; GALVÃO, A. G.; REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**. Curitiba, v.16, n.1, p.9-17, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/41042/25079> . Acesso: 03 mar. 2024

MORALES, RAFAEL GUSTAVO FERREIRA. **Resistência ao déficit hídrico em famílias de tomateiro derivados de *Solanum pennellii***. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/server/api/core/bitstreams/14b13fa6-ec49-45f7-89ed-36395b2a02d0/content>. Acesso em: 09 abr. 2026

NAIKA, S.; JEUDE, J. V. L.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. V. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346427612_A_cultura_do_tomate_producao_processamento_e_comercializacao/references#fullTextFileContent. Acesso em: 03 mai. 2024.

OLIVEIRA, C.S; MACIEL, G.M; SIQUIEROLI, A.C.S; GOMES, D.A; DINIZ, N.M; LUZ, J.M.Q; YADA, R.Y. Artificial neural networks and genetic dissimilarity among saladette type dwarf tomato plant populations. **Food Chemistry**. v. 3, 100056, 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8991817/pdf/main.pdf>

OLIVEIRA, C.S.; MACIEL, G.M.; SIQUIEROLI, A.C.S.; PINTO, F.G.; IKEHARA, B.R.M.; PEREIRA, L.M. Saladette-type dwarf tomato introgression lines with agronomic potential, improved fruit quality, and biotic stress tolerance. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 48, p. 1-9, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448002624>

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.25, n.1, p.161-169. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100018> . Acesso: 03 mar. 2024

PEIXOTO, J. V. M.; MORAES, E. R.; PEIXOTO, J. L. M.; NASCIMENTO, A. R.; NEVES, J. G. Tomaticultura: aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do

fruto. **Revista Científica Rural**. Bagé, v. 19, n.1, 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.tcche.br/index.php/RCR/article/view/96/130>. Acesso em: 19 jul. 2026

PEREIRA, L. M.; MACIEL, G. M.; SIQUIEROLI, A. C.S.; LUZ, J.M.Q.; RIBEIRO, A.L.A.; OLIVEIRA, C.S.; PINTO, F.G.; IKEHARA, B.R.M. Introgression of the Self-Pruning Gene into Dwarf Tomatoes to Obtain Salad-Type Determinate Growth Lines. **Plants**. v. 13, p. 1522, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants13111522>

PESSOA, H. P.; DARIVA, F. D.; COPATI, M. G. F.; PAULA, R. G.; DIAS, F. O.; GOMES, C. N. Uncovering tomato candidate genes associated with drought tolerance using *Solanum pennellii* introgression lines. **PLOS One**.v. 15, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287178>

PIOTTO, F. A. PERES, L. E. P. Base genética do hábito de crescimento e florescimento em tomateiro e sua importância na agricultura. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.42, n.11, p.1941-1946, Nov 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/BfrNZpwwzn4xqZMjThv3Hww/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 23 fev. 2026.

POLESI, N. P. E.; RODRIGUES, R. R.; ALMEIDA, M. Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* kiaersk (Myrtaceae). **Revista Árvore**. Viçosa, v.35, n.2, p.255-263, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/tYDHQ338SxVBWK6kCQj43Fv/?format=pdf&lang=pt#:~:tex=A%20folha%20de%20Eugenia%20glazioviana,tricomas%20tectores%20na%20face%20abaxial>. Acesso em: 30 abr. 2024.

RIBEIRO, A.L.A. **Tomateiro tipo salada: crescimento determinado, alto teor de açúcares e resistente ao ácaro rajado**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/27315/2/TomateiroTipoSalada.pdf>. Acesso em 14 mai. 2026

ROCHA, D. K.; MACIEL, G. M.; JUNIOR, E. F. F.; JÚNIOR, C. S. M.; NOGUEIRA, G. G. S.; ALMEIDA, R. S. Seleção de genótipos de tomateiro submetidos ao estresse hídrico em função da expressão de características fisiológicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.11, n.2, p.80-84, 2016. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119046408003>. Acesso: 16 jan. 2024.

ROCHA, J. C. S. Nutrição mineral e aspectos morfológicos do tomateiro cereja sob redução da disponibilidade de macronutrientes. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/36779/1/2016_tcc_jcsrocha.pdf Acesso em 20 jul. 2026.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**. Botucatu, v.15, n.4, p.443-454, Dez. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2010v15n4p443>. Acesso: 07 fev. 2024.

SARAIVA, R. *et al.* A planta do tomateiro. In: SARAIVA, R. *et al.* **Manual técnico tomatinov**. Associação Interprofissional de Horticultura do Oeste, 2022. p.5-9. Disponível em: https://repositorio.ipsantarem.pt/bitstream/10400.15/4322/1/2022_Manual_T%C3%A9cnico_TOMATINOV_Cap1.pdf. Acesso: 03 mai. 2024

SEMEL, Y.; SCHAUER, N.; ROESSNER, U.; ZAMIR, D.; FERNIE, A. R. Metabolite analysis for the comparison of irrigated and non-irrigated field grown tomato of varying genotype. **Metabolomics**. v. 3, p. 289–295, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11306-007-0055-5>

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**. Campinas, v.17, n.2, p.227-236, Jun, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/sJ6qRLvhXvkQR6CjnKgZN7K/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 03 mai. 2024.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; FILHO, V. P.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.44, n. 1, p. 86-93, Mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100011> . Acesso: 08 fev. 2024.

SILVA, C. J.; SANTOS, Y. A. O.; GUIMARÃES, C. M.; MEGGUER, C. A.; GOLYNSKI, A.; RODRIGUES, R. E.; PONTES, N. C.; FREITAS, D. D.; RIZO, A. A. I.; SANTOS, M. A. Gas exchange and yield of industrial tomato under different types of irrigation and non-woven fabric plant cover. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.28, n.2, e271470, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n2e271470>

SILVA, D. A.; ARRUDA, R. S.; QUEIROZ, D. S.; MOURA, M. M.; SILVA, A. O.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A. Irrigation strategies and soil conditioning on thermal index and yield of cherry tomato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.29, n.6, e280430, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n6e280430>

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina

Grande, v.19, n.10, p.946-952, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>. Acesso em: 15 mai. 2026.

SILVA, P. H.N. **Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de híbridos de tomateiro anão**. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2026. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/48450/1/EstresseH%c3%addricoInduzido.pdf>. Acesso em 13 mai. 2026

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, T. T. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa (GVAA)**. Mossoró, v.6, n. 3, p. 203-212, Set. de 2011. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/827>. Acesso: 01 mar. 2024.

SPANOGHE, M. C.; MARIQUE, T.; RIVIÈRE, J.; MOINHO, M.; DEKUIJPER, C.; NIRSHA, U. M.; BONNAVE, M.; LANTERNBECQ, D. Genetic pattern recognition in crop species using self-organizing maps: the example of highly heterozygous autotetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.). **Genetic Resources and Crop Evolution**. v. 67, p. 947–966, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00894-8>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 731

VIVIAN, P. G.; FERRI, V. C. Alimentos ricos em antioxidantes e seus benefícios á saúde humana. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22, 2013, Pelotas. **Anais [...]**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2013.

WEHRENS, R. E KRUISSELBRINK, J. Mapas auto-organizados flexíveis em Kohonen 3.0. **Journal of Statistical Software**, v. 87 , n.7, p.1–18, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18637/jss.v087.i07>