

## **Anatomia foliar de cultivares de minitomates cultivados sob diferentes telas de sombreamento**

**Leaf anatomy cultivars minitomates cultivated under different shade**

**Anatomía de la hoja de cultivares de minitomate cultivados bajo diferentes pantallas de sombra**

Recebido: 13/06/2022 | Revisado: 28/06/2022 | Aceito: 28/07/2022 | Publicado: 05/08/2022

### **Alessandro Carlos Mesquita**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9754-1676>  
Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
E-mail: [alessandro.mesq@yahoo.com.br](mailto:alessandro.mesq@yahoo.com.br)

### **Diego Rangel da Silva Gama**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8642-3888>  
Universidade Rural do Estado, Brasil  
E-mail: [diegorangelgama85@hotmail.com](mailto:diegorangelgama85@hotmail.com)

### **Ana Thaila Rodrigues Felix**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1071-1490>  
Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
E-mail: [felixanathaila@gmail.com](mailto:felixanathaila@gmail.com)

### **Bruno de Sousa Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4017-3793>  
Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
E-mail: [soubruno20@gmail.com](mailto:soubruno20@gmail.com)

### **Bianca Lira Saraiva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3827-0076>  
Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
E-mail: [Lirabianca806@gmail.com](mailto:Lirabianca806@gmail.com)

### **Camila Ferreira Goes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6154-4795>  
Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
E-mail: [camilafgoes16@gmail.com](mailto:camilafgoes16@gmail.com)

### **Polyanna Barbosa da Conceição**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4688-8255>  
Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
E-mail: [htppoly@gmail.com](mailto:htppoly@gmail.com)

### **Wallace Renato da Silva Nogueira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5908-0322>  
Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
E-mail: [wallacebx10@gmail.com](mailto:wallacebx10@gmail.com)

### **Resumo**

No presente estudo avaliamos o efeito do controle espectral da luz sobre as características anatômicas das folhas em três cultivares de minitomates. As plantas foram cultivadas em ambientes sombreados com telas tipo cinza, tipo vermelho e tipo azul, além do tratamento testemunha sem sombreamento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, parcela subdividida, com quatro repetições. Plantas submetidas a pleno sol apresentaram maior espessura foliar, densidade estomática em adaxial e adaptabilidade do processo fotomorfo-genético às condições ambientais, ajustando o processo fotossintético e produção de assimilados. As plantas cultivadas sob telas coloridas apresentaram diferenças na espessura da epiderme, com superioridade para a epiderme adaxial em relação à abaxial, mas também para o parênquima paliçádico e esponjoso. As plantas mantidas sob diferentes telas de sombreamento apresentaram variações no número de estômatos, apresentando uma característica de alta plasticidade com o ambiente modificado. As cultivares Shani e Sweet Miller responderam ao ambiente com as malhas fotoseletoras, destacando-se o ganho com relação ao número de estômatos na tela vermelha, que conseqüentemente, poderá estar associado a uma maior eficiência fotossintética e produção de fotoassimilados.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*; Sombreamento; Redes coloridas; Grupo cereja; Tomate.

### **Abstract**

In the present study we evaluated the effect of spectral control of light on anatomical characteristics of leaves in three cultivars minitomatos. The plants were grown in shaded environments with gray type screens, red type and blue type, plus control treatment without shade. The experimental design was a randomized block, split plot, with four replications, submitted plants in full sun showed higher leaf thickness, stomatal density in adaxial and photo

morphogenetic process adaptability to environmental conditions, adjusting the photosynthetic process and production of assimilates. The plants cultivated under colored nets exhibited differences in the thickness of the epidermis, with superiority for the adaxial epidermis in relation to the abaxial epidermis, but also for the palisade and spongy parenchyma. The plants kept under different shading screens showed variations on the number of stomata, showing a characteristic of high plasticity with the modified environment. The cultivars Shani and Sweet Miller responded to the environment with the photoselective meshes, highlighting the gain in relation to the number of stomata in the red screen, which consequently may be associated with greater photosynthetic efficiency and production of photoassimilates.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum*; Shading; Colored nets; Cherry group; Tomato.

### Resumen

En el presente estudio, evaluamos el efecto del control del espectro de luz sobre las características anatómicas de las hojas en tres cultivares de mini-tomate. Las plantas se cultivaron en ambientes sombreados con pantallas grises, rojas y azules, además del tratamiento testigo sin sombra. El diseño experimental fue en bloques al azar, parcela dividida, con cuatro repeticiones. Las plantas sometidas a pleno sol mostraron mayor grosor foliar, densidad estomática en adaxial y adaptabilidad del proceso fotomorfológico a las condiciones ambientales, ajustando el proceso fotosintético y producción de asimilados. Las plantas cultivadas bajo pantallas coloreadas mostraron diferencias en el espesor de la epidermis, con superioridad de la epidermis adaxial en relación a la abaxial, pero también del parénquima en empalizada y esponjoso. Las plantas mantenidas bajo diferentes pantallas de sombra mostraron variaciones en el número de estomas, presentando una característica de alta plasticidad con el ambiente modificado. Los cultivares Shani y Sweet Miller respondieron al ambiente con las mallas fotoselectivas, destacándose la ganancia en relación al número de estomas en la pantalla roja, lo que consecuentemente puede estar asociado a mayor eficiencia fotosintética y producción de fotoasimilados.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*; Sombreado; Redes de colores; Grupo cereza; Tomate.

## 1. Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) estar inserido na família das solanáceas e suas cultivares são subdivididas em cinco grupos ou tipos, de acordo com o formato e tamanho de fruto (Santos et al., 2021), sendo que o tomate do tipo cereja vem ganhando espaço e aumentando a sua participação no mercado. Esses autores destacam entre as cultivares utilizadas: a Red Sugar, por ser um híbrido de minitomate tipo alongado ovalado, com frutos vermelhos brilhantes, ótimo sabor, alta produtividade; a cultivar Shani, híbrido de tomate cereja longa vida, é uma planta vigorosa, com crescimento indeterminado e com ótima produtividade e a cultivar Swett Million, que é uma cultivar do tipo cereja, com frutos de excelente sabor, coloração vermelha brilhante, de polpa espessa, formato arredondado.

Sabe-se que o tomateiro se adapta bem às diferenças edafoclimáticas. Contudo, segundo (Pedó et al., 2021) as alterações ambientais são fatores que exercem um limiar no crescimento e desenvolvimento do vegetal. A luz é um importante fator controlador dos processos vitais das plantas e, quando cultivadas em ambientes de luz modificada, podem apresentar distintas respostas, seja na produção de massa seca (Silva et al., 2022) ou na anatomia foliar (Gama et al., 2017; Bento, 2017). Neste contexto, as telas de sombreamento têm sido utilizadas para amenizar o excesso de radiação solar e temperatura (Silva et al., 2013; Rocha et al., 2015) e possuem diferentes taxas de transmissão, absorção e reflexão da luz e da porosidade do ar (Govanhica, 2019). A maioria das redes agrícolas usadas para esses fins são pretas e pouco ou nada fotoseletivas (Oliveira, 2019). Horticultores normalmente usam tais telas para reduzir a radiação solar e temperatura (Miller et al., 2015), com o intuito de proteger os frutos das queimaduras solares, reduzir o consumo de água e altos rendimentos de boa qualidade. Contudo, essa prática pode reduzir a taxa fotossintética e a produtividade (Pérez, 2013).

Essas malhas promovem a estimulação diferencial de algumas respostas fisiológicas reguladas pela luz, tais como a fotossíntese e o conteúdo foliar clorofilas (Gutiérrez et al., 2016; Buthelezi et al., 2016; Ilić et al., 2017). As redes de sombreamento fotoseletivas mudam o crescimento das plantas e anatomia foliar (Gutiérrez et al., 2016), e incrementam a produção e qualidade de frutos (Ilić et al., 2017) de diferentes vegetais cultivados. No caso específico do tomate, pode ocasionar a redução na podridão da flor, diminuir a rachadura da pele do fruto e promover o aumento no conteúdo de carotenoides.

Na literatura existem relatos em abundância para o cultivo em apenas ambiente protegido com plástico (Rocha et al., 2015; Silva et al., 2013; Ligia et al. 2013; Eloi et al., 2011; Holcman & Sentelhas, 2012), mas poucos são os relatos acerca do cultivo do tomate em ambientes com malhas coloridas (Lemos, 2008; Gama et al., 2017), e são inexistentes essas avaliações no cultivo dos mini tomates. Sabe-se que a anatomia foliar pode ser grandemente influenciada pela radiação solar recebida durante o crescimento, uma vez que a folha é um órgão muito plástico e sua estrutura interna adapta-se às condições externas do ambiente (Corrêa et al., 2012).

Buscando compreender se a utilização de malhas coloridas irá influenciar a estrutura anatômica do tecido foliar em plantas de tomate, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos diferentes tipos de espectros luminosos sobre as características anatômicas das folhas de minitomates.

## 2. Metodologia

O trabalho foi conduzido durante os meses de abril a julho de 2013, no campo experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS), Campus III, da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Juazeiro-BA. O clima da região, segundo Köppen é do tipo BSW<sub>h</sub>, tropical Semiárido conforme descrito por (Reddy & Amorim Neto, 1983), com precipitação pluviométrica média anual de 484 mm, e chuvas concentradas de novembro a abril.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições em fatorial (4X3), compostos de ambientes sombreados [telas do tipo Cinza 40% (TC), tipo vermelho 40-45% (TV) e tipo azul 35-40% (TA)] mais o tratamento controle, sem sombreamento (PS) e três cultivares de minitomates (Red Sugar, Shani e Sweet Million). As parcelas foram constituídas pelos diferentes ambientes sombreados, as subparcelas pelas cultivares. Cada parcela foi composta por 240 plantas, sendo divididas em subparcelas, que foram compostas por 80 plantas de cada cultivar.

Para a produção de mudas, foram utilizadas bandejas de poliestireno preenchidas com substrato comercial, que permaneceram por um período de 25 dias e, quando atingiram 5 a 6 folhas definitivas, as mesmas foram transplantadas no campo em espaçamento de 0,40 m de distância entre planta e 1,40 m entre linha.

Para instalação do experimento, foram realizadas a aração e confecção dos canteiros, seguida da adubação de fundação de plantio (Cavalcanti, 2008). A irrigação foi realizada na parte central do canteiro por uma linha de tubo gotejador com emissores espaçados de 0,40 m entre si, e instalado o filme plástico (“mulching”) de dupla face, prata/preto. O manejo de irrigação foi realizado pelo método da tensiometria (20 cm profundidade).

As adubações foram realizadas via fertirrigação a cada dois dias. Os demais tratamentos culturais e aplicações de defensivos agrícolas foram realizados de acordo com as necessidades da cultura. As plantas foram conduzidas com desbrota durante todo o seu ciclo, no qual foram deixadas apenas três hastes principais.

Em cada ambiente foi instalada uma estação automática para monitoramento da radiação solar global ( $R_g$ , MJ.m<sup>-2</sup>), temperatura (T, °C) e umidade relativa do ar (UR, %) durante o ciclo produtivo do tomate, que se estendeu do transplantio até os 90 dias após o transplantio. Durante o experimento, enquanto a radiação solar global a pleno sol atingiu um total de 1342,5 MJ.m<sup>-2</sup>, sob a tela de sombreamento vermelha foi 1192,8 MJ.m<sup>-2</sup>, a tela de sombreamento azul 996,1 MJ.m<sup>-2</sup>, e a tela cromatinete difusor 699,7 MJ.m<sup>-2</sup> e pode-se também observar na Tabela 1 os valores médios diários dentro de cada ambiente. Quanto à umidade relativa do ar, o comportamento foi semelhante entre os ambientes, contudo, pode-se observar que o ambiente com tela cromatinete difusor obteve a menor média quando comparado aos outros ambientes, isso pode ter ligação com a menor transmitância de radiação solar global neste ambiente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios de radiação solar global total (Rg), de radiação solar global diária (Rg diário) e umidade relativa do ar (UR) em diferentes tipos de ambientes. UNEB/DTCS. Juazeiro, BA, 2013.

Ambiente	Rg (MJ.m <sup>-2</sup> )	Rg diário (MJ.m <sup>-2</sup> )	UR média (%)
Pleno Sol	1342,5	16,6	66,4
Tela vermelha	1192,8	14,72	66,0
Tela azul	996,1	12,29	65,8
Tela Cromatinete	699,7	8,63	64,3

Fonte: Autores.

Para as avaliações anatômicas, foram coletadas folhas completamente expandidas aos 70 dias após o transplante (DAT) e foram fixados em FAA 70 (0,5% de formaldeído, 0,5% de ácido acético e 90% de álcool 70° Gay Lussac-GL) por 72h e, posteriormente, conservados em álcool 70°GL. O estudo anatômico das folhas se baseou no exame microscópico de seções paradérmicas adaxiais e abaxiais e seções transversais do limbo foliar. Para a avaliação dos tecidos foliares (espessura do limbo foliar, espessura da face adaxial e abaxial da epiderme e espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso), foram realizados cortes transversais na região mediana das folhas. Esses cortes foram obtidos em micrótomo, clarificados em solução de hipoclorito de sódio (1%) por 10 minutos e submetidos à coloração de azul de astra (95%) e safranina (5%), baseada na metodologia adaptada de (Kraus & Arduin, 1997).

Para os estudos relativos à caracterização dos estômatos (número médio por mm<sup>2</sup>, diâmetro polar e equatorial, densidade estomática), foram realizados cortes paradérmicos na região mediana das folhas. Esses cortes foram realizados, manualmente com auxílio de lâmina de aço, clarificados em solução de hipoclorito de sódio (1%), por cinco minutos, e submetidos à coloração de azul de Astra (95%), nas faces adaxial e abaxial da epiderme baseada na metodologia adaptada de Kraus e Arduin (1997). A partir das seções paradérmicas e transversais, com o auxílio de ocular micrométrica, foram efetuadas as medições em quatro folhas por bloco de cada cultivar em cada ambiente, totalizando 16 plantas por bloco. As leituras foram obtidas utilizando-se Microscópio Trinocular modelo Axio Lab A1 com câmera digital colorida para microscopia (fabricante - Carl Zeiss).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade e a análise de variância foi realizada através do software Assistat 7.7 (Silva & Azevedo, 2016), e em seguida utilizou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade, para a comparação das médias entre tratamentos.

### 3. Resultados e Discussão

A radiação é um fator ambiental importante para as plantas devido à sua ação direta ou indireta na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal. As adaptações sofridas pelas plantas em seu aparato fotossintético em resposta às condições de luminosidade ambiental refletem em seu crescimento global. Essas respostas morfofisiológicas das plantas não dependem apenas da presença, atenuação ou ausência da luz, mas também da variação em qualidade luminosa. Segundo (Silva et al., 2013), ao conduzir seu trabalho em Minas Gerais, relatou valores médios de irradiância solar global entre 14 a 18 MJ m<sup>-2</sup> e que a manipulação quantitativa e qualitativa da radiação solar através das telas, tornou-se uma opção sustentável para otimizar a produção agrícola.

Foram observadas diferenças anatômicas nos tecidos foliares avaliados, apresentando diferença significativa na interação entre as cultivares e os ambientes de cultivo quanto à espessura da epiderme adaxial e abaxial (Tabela 2).

**Tabela 2.** Espessura ( $\mu\text{m}$ ) dos tecidos epidérmicos de minitomates, submetidos a diferentes ambientes sombreados. Juazeiro, UNEB, 2013.

Cultivares	Epiderme adaxial				Epiderme abaxial			
	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul
Red Sugar	11,28 abC	12,15 aBC	13,07 aAB	14,02 aA	7,91 cAB	8,26 aA	7,67 bAB	7,22 bB
S. Million	12,74 aAB	9,92 bC	13,07 aA	11,08 bBC	10,49 aA	7,89 aB	8,76 bA	8,39 aB
Shani	11,06 bA	10,05 bA	11,10 bA	11,30 bA	8,84 bA	8,31 aA	8,10 abAB	7,19 bB

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada fator, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

É importante destacar que os trabalhos com malhas coloridas e com as cultivares de tomate avaliada são inexistentes, tornando este trabalho único. Dessa forma, buscando compreender os resultados com relação à influência das malhas coloridas, podemos observar que os ambientes sombreados interferiram na espessura das epidermes e que a face adaxial da epiderme apresentou a maior espessura em comparação à face abaxial.

Esse comportamento não foi observado por (Martins et al., 2009), e seus colaboradores, que avaliando a anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas, puderam observar que as espessuras das epidermes adaxial e abaxial não sofreram alterações entre os tratamentos estudados, entretanto, em todos os tratamentos, a epiderme da face adaxial apresentou-se mais espessa que a epiderme abaxial.

Analisando a interação significativa entre os ambientes de cultivo dentro de cada cultivar para espessura da face adaxial da epiderme, observa-se que a cultivar Red Sugar obteve as maiores espessuras nos ambientes de pleno sol e com telas vermelha e azul, o que pode ter ocorrido devido às plantas nesses ambientes receberem uma maior radiação solar, pois em ambientes com alta luminosidade a espessura da epiderme é maior. A cultivar Sweet Million apresentou maior espessura da epiderme adaxial no ambiente com tela vermelha e cinza, no entanto, não houve diferença entre os ambientes para cultivar Shani. Resultados semelhantes foram observados por (Nascimento et al., 2014) em plantas de *Copaifera langsdorff* L. onde cultivadas sob malha vermelha apresentaram maior espessura da epiderme adaxial. Quanto à espessura da epiderme abaxial, a cultivar Red Sugar e Shani obtiveram os maiores valores nos ambientes com telas cinza, vermelha e pleno sol. E a cultivar Sweet Million (Tabela 2) apresentou as maiores espessuras de epiderme abaxial no ambiente com tela cinza e vermelha.

Segundo (Melo et al., 2011), a espessura da epiderme em plantas é uma característica que se adequa às condições ambientais e tem mostrando-se responsiva a essas diferenças às quais as plantas são submetidas, sendo que, isso foi comprovado neste experimento, onde houve diferença entre os ambientes de cultivo. Esse mesmo comportamento com relação às células epidérmicas também foi observado por (Silva et al., 2015). Entretanto, os resultados obtidos por (Nascimento et al., 2014), relatam que nas plantas de *Copaifera langsdorff* L. foi observado que na epiderme abaxial a maior espessura foi observada em plantas sob malha azul. Os resultados demonstrados podem ser decorrentes do fato de que os comprimentos de onda refratados sob malha azul estarem relacionados com a maior radiação ultravioleta em comparação com as demais malhas.

Segundo informações da Polysack, a tela cromatinete difusor 40% (TCD) é uma malha que manipula o espectro de luz solar e quebra a luz direta convertendo-a em luz difusa. A Tela de sombreamento vermelha 40-45% (TV) manipula o espectro da luz que atravessa, reduzindo as ondas azuis, verdes e amarelas e acrescentando as ondas vermelhas e vermelha distante. Como consequência, as plantas cobertas com malhas vermelhas desenvolvem-se mais rapidamente, a superfície das folhas é maior, as hastes mais compridas e em geral o volume de folhagem é maior. A Tela de sombreamento azul 35-40% (TA), muda

o espectro da luz que atravessa, reduzindo as ondas vermelho e vermelho-distante e adicionando as ondas azuis.

**Tabela 3.** Espessura ( $\mu\text{m}$ ) dos tecidos do parênquima paliçádico e lacunoso de minitomates submetidos a diferentes ambientes sombreados. Juazeiro, UNEB, 2013.

Cultivares	Parênquima paliçádico				Parênquima lacunoso			
	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul
Red Sugar	65,35 aAB	62,37 bAB	54,72 aB	70,43 aA	61,58 bBC	74,42 aA	52,12 abC	66,45 aAB
S. Million	47,07 bB	79,88 aA	54,34 aB	70,04 aA	60,81 bAB	71,04 aA	49,19 bB	60,94 aAB
Shani	76,92 aA	69,64 abAB	53,82 aC	58,43 aBC	85,35 aA	69,72 aB	62,63 aB	70,88 aB

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada fator não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Quando comparada às cultivares dentro de cada ambiente para espessura do parênquima paliçádico, foram observados que dentro do ambiente com tela cinza a cultivar Shani e Red Sugar e no ambiente pleno sol a cv. Sweet Million apresentaram os maiores valores, enquanto nos ambientes com telas vermelha e azul não houveram diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 3). Quanto à espessura do parênquima lacunoso a cultivar Shani obteve os maiores valores nos ambientes com telas cinza e vermelha, enquanto no ambiente com tela azul e o ambiente pleno sol não houve diferença entre as cultivares.

Os parênquimas paliçádico e lacunoso são tecidos que apresentam grande capacidade de respostas aos estímulos de luz, influenciando, portanto, a espessura foliar. Comparando cada cultivar dentro dos ambientes quanto à espessura do parênquima paliçádico, foi observado que a cultivar Red Sugar se destacou com as maiores médias no ambiente com tela azul, a cultivar Sweet Million nos ambientes, pleno sol e tela azul, ou seja, nos ambientes em que as plantas receberam maior luminosidade, mostrando uma possível plasticidade adaptativa em resposta às condições luminosas.

Resultados diferentes foram relatados por (Nascimento et al., 2014), que observaram aumento na espessura do parênquima paliçádico nas plantas sob malha vermelha e que estes aumentos podem ser uma resposta da planta aos comprimentos de onda absorvidos. De forma que sob estas malhas, as plantas necessitariam investir em um aumento no parênquima, devido a uma maior radiação presente no interior da folha, com tecido mais espesso, maior absorção de fótons, afetando positivamente a fotossíntese. Porém, resultados semelhantes aos descritos neste trabalho foram observados por (Martins et al., 2009), que nos seus estudos encontraram maior espessura dos parênquimas nas plantas sob malha azul. É importante registrar que a tela de sombreamento azul 35-40% (TA), muda o espectro da luz que atravessa, reduzindo as ondas vermelho e vermelho-distante e acrescentando as ondas azuis.

A cultivar Shani apresentou maiores médias no ambiente com tela cinza, onde as plantas recebiam menor luminosidade, esse resultado mostrou-se contrário ao que acontece geralmente nas plantas, indicando que talvez esta cultivar seja adaptada às condições de baixa luminosidade.

O maior número de camadas do parênquima paliçádico aumentando a superfície interna da folha e a eficiência das trocas gasosas pode conseqüentemente, tornar a fotossíntese mais eficiente (Prado, 2020).

Já a variável espessura do parênquima lacunoso, as cultivares Red Sugar e Sweet Million apresentaram os maiores valores no ambiente pleno sol, e a cultivar Shani no ambiente com tela cinza. Resultado semelhante foi demonstrado por (Martins et al., 2009), em que foi observado maior alongamento das células do parênquima paliçádico e maiores espaços

intercelulares no parênquima lacunoso nas folhas de alfavaca- cravo a pleno sol e sob luz azul. Comparando as cultivares dentro de cada ambiente destaca-se a cv. Shani que obteve maior espessura do limbo foliar no ambiente com tela cinza (Tabela 4).

**Tabela 4.** Espessura ( $\mu\text{m}$ ) do limbo foliar de minitomates submetidos a diferentes ambientes sombreados. Juazeiro, UNEB, 2013.

Cultivares	Limbo			
	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul
Red Sugar	146,13 bAB	157,22 aA	127,59 aB	158,12 aA
S. Million	131,12 bBC	168,74 aA	125,36 aC	150,46 abA
Shani	182,18 aA	157,73 aB	135,67 aC	147,81 bcA

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada fator não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Quando comparada cada cultivar dentro dos ambientes, observou-se que as maiores espessuras do limbo foliar para as cultivares Red Sugar e Sweet Million foram obtidos nos ambientes pleno sol e com tela azul. Em folhas de sol, a espessura do limbo foliar é reforçada pelo alongamento adaxial/abaxial das células parenquimáticas, o que também ocorreu neste experimento. Esse mesmo comportamento foi observado por (Martins et al., 2009), onde nas plantas crescidas a pleno sol, tanto o parênquima paliçádico quanto o lacunoso apresentaram maior espessura que os parênquimas das plantas cultivadas sob malhas coloridas, resultando em maior espessura do limbo foliar. Sabe-se que a folha é o principal órgão fotossintetizante, geralmente apresentando grande plasticidade fenotípica em relação à radiação luminosa, cuja disponibilidade e a qualidade podem provocar efeitos substanciais no desenvolvimento, tamanho e espessura desse órgão, visando uma melhor eficiência do aparato fotossintético na captação e na utilização da energia radiante. A cultivar Shani apresentou as maiores espessuras de limbo foliar no ambiente com tela cinza e pleno sol (Tabela 4), o que implicaria na possibilidade da cultivar não ser tão exigente em luminosidade, podendo ser mais adaptada a condições de baixa luminosidade.

Comparando cada cultivar dentro dos ambientes, observou-se que o maior número de estômatos da face adaxial na cv. Red Sugar ocorreu no ambiente pleno sol e com tela azul e vermelha (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por (Martins et al., 2009), na folha de alfavaca-cravo na face adaxial, verificando que as plantas crescidas a pleno sol apresentaram maior densidade de estômatos que os demais tratamentos e em relação aos tratamentos sombreados com malhas, observa-se que as plantas sob malha azul apresentaram a maior densidade estomática, indicando que o ambiente de cultivo rico em comprimentos de onda na faixa do azul do espectro pode estimular a produção de estômatos.

Dentre os espectros da RFA, a luz azul apresenta menor comprimento de onda (400 nm) e por consequência maior energia, enquanto a luz vermelha apresenta comprimentos de onda próximos à 700nm, carregando menor conteúdo de energia. Nos estômatos, as células guardas detectam as condições do ambiente, e respondem com a sua abertura e/ou fechamento, podendo provocar também alteração no número, localização e no seu tamanho. Os espectros de luz refratados sob a malha azul favorecem a abertura dos estômatos, devido aos criptocromos presentes que respondem a luz azul, podendo consequentemente, favorecer a taxa fotossintética. As cultivares Sweet Million obtiveram o maior número de estômatos na face adaxial nos ambientes com tela vermelha.

**Tabela 5.** Número de estômatos/mm<sup>2</sup> da face adaxial e abaxial de folhas de tomates cultivados em diferentes ambientes sombreados. Juazeiro, UNEB, 2013.

Cultivares	Número de estômatos adaxial				Número de estômatos abaxial			
	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul
Red Sugar	41,33 bC	118,33 aA	90,00 cA	121,33 aA	138,66 aA	130,00 aA	121,66 bA	154,33 aA
Sweet Million	134,33 aB	75,33 bC	178,33 bA	59,66 bC	166,00 aA	121,00 aAB	169,00 abA	106,66 aB
Shani	77,66 bBC	112,00 aB	218,33 aA	68,00 bC	157,33 aAB	155,00 aAB	209,66 aA	128,00 aB

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada fator não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Analisando os resultados encontrados na face abaxial, a cultivar Red Sugar obteve número de estômatos semelhantes em todos os ambientes, enquanto a cv. Sweet Million apresentou maior número de estômatos nos ambientes com tela cinza e tela vermelha, e a cv. Shani no ambiente com tela vermelha. Resultados semelhantes foram encontrados por (Martins et al., 2009), onde na face abaxial, as maiores densidades de estômatos foram verificadas nos tratamentos com malha preta e vermelha, ao passo que as menores densidades de estômatos foram encontradas nos tratamentos a pleno sol e sob malha azul.

Os estômatos são altamente responsivos à luminosidade, assim como para a densidade estomática que diz respeito ao número de estômatos por área (mm<sup>2</sup>) (Martins et al., 2009). Esses autores observaram que o maior número de estômatos em plantas de *Mikania glomerata* foi obtido quando cultivadas em malha vermelha. Esse fato pode ser justificado porque sob a malha vermelha, houve um acréscimo de comprimento de onda na região do infravermelho, o que provocou um aumento na temperatura que favoreceu uma maior densidade estomática, que segundo os autores, é para otimizar os processos de trocas gasosas e transpiração.

Comparando cada cultivar dentro dos ambientes, observou-se que a cv. Red Sugar apresentou os maiores diâmetros equatoriais e polares da face adaxial e abaxial nos ambientes com tela cinza e vermelha, enquanto a cultivar Sweet Million nos ambientes com tela cinza e azul, conseqüentemente, as cultivares mencionadas quando cultivadas sob as malhas coloridas apresentaram um maior tamanho de estômatos e conseqüentemente maior poro estomático (Tabela 6).

**Tabela 6.** Diâmetro equatorial e polar de estômatos da face adaxial de folhas de minitomates cultivados em diferentes ambientes sombreados. Juazeiro, UNEB, 2013.

Cultivares	Diâmetro equatorial adaxial				Diâmetro polar adaxial			
	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul
Red Sugar	11,27 aA	7,13 bC	10,64 aA	8,97 bB	16,12 aA	10,46 bC	15,34 aA	12,19 bB
Sweet Million	10,44 aA	8,03 bB	6,92 bB	10,76 aA	14,39 bB	10,99 bC	10,69 bC	17,14 aA
Shani	10,49 aA	10,98 aA	6,93 bB	7,21 cB	14,10 bB	17,17 aA	11,24 bC	11,00 cC

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada fator não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Fonte: Autores.



Segundo (Lima Junior et al., 2006), um evento comum às folhas de sol, se comparadas às de sombra é a diminuição no tamanho dos estômatos, o que vem a garantir o suprimento de CO<sub>2</sub> necessário à fotossíntese sem que haja perda excessiva de água por meio da transpiração. Isso é possível, em razão da diminuição do poro estomático causar maior resistência à saída de água do que a entrada de CO<sub>2</sub> pelo estômato.

A cultivar Shani se comportou de forma semelhante quanto ao diâmetro equatorial e polar (Tabela 7) nas faces adaxial e abaxial, mostrando não sofrer influência do sombreamento quando na presença da tela vermelha e azul. Contudo, tais valores foram inferiores aos observados quando comparados aos obtidos na tela cinza e ao pleno sol.

**Tabela 7.** Diâmetro equatorial e polar de estômatos da face abaxial de folhas de minitomates cultivados em diferentes ambientes sombreados. Juazeiro, UNEB, 2013.

Cultivares	Diâmetro equatorial abaxial				Diâmetro polar abaxial			
	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul	Tela cinza	Pleno sol	Tela vermelha	Tela azul
Red Sugar	11,32 aA	7,73 bB	10,00 aB	8,63 bC	16,12 bA	11,73 bB	16,15 aA	12,07 bB
Sweet Million	11,72 aA	7,34 bB	7,64 bC	9,75 aB	16,46 abA	11,63 bB	11,51 bB	16,88 aA
Shani	11,42 aA	11,53 aA	7,04 bB	7,07 cB	16,97 Ab	18,02 aA	11,29 bC	11,30 bC

\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada fator não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Foi observada uma redução no número de estômatos na face adaxial nas plantas crescidas a pleno sol e sob malha preta 50%; tal resultado pode ser interpretado segundo (Bitz III et al., 2005), de três diferentes modos: 1) em função do aumento das células da epiderme, 2) em função de danos provocados pela radiação e 3) caracterizando um verdadeiro processo fotomorfo genético de adaptabilidade ao ambiente, sendo esse último item observado neste trabalho. Os resultados de frequência corroboram também com o trabalho de (Silva Júnior et al., 2014), quando estes autores utilizaram malha azul semelhante à utilizada no presente artigo e verificaram que a densidade estomática e a razão entre os diâmetros polar e equatorial em plantas de *Laelia purpurata* foram alteradas.

Segundo (Gama et al., 2017), os diferentes valores observados na quantidade de radiação solar global incidente sobre o minitomate cultivado nos diferentes ambientes, pode ter ocasionado alterações no comportamento fisiológico das plantas, uma vez que as plantas cultivadas no ambiente com tela vermelha obtiveram os maiores valores para massa seca da folha, caule, fruto e número de frutos por planta. No entanto, não houve diferença significativa nos ambientes quanto à produtividade, no entanto, as cultivares Shani e Sweet Million foram as mais produtivas. Dessa forma, a quantidade de radiação solar global poderá influenciar em diferenças na formação de biomassa de parte aérea, promovendo uma melhor produtividade. Esses resultados permitem associar aos obtidos neste trabalho com as mesmas cultivares, onde pode-se verificar que as cultivares Shani e Sweet Million apresentaram o maior número de estômatos quando cultivadas sob a tela vermelha.

#### 4. Conclusão

Através das características anatômicas, podemos definir que as cultivares Shani e Sweet Miller responderam ao ambiente com as malhas fotoseletoras, destacando-se o ganho com relação ao número de estômatos na tela vermelha, que consequentemente, poderá estar associado a uma maior eficiência fotossintética e produção de fotoassimilados.

Trabalhos futuros deverão ser realizados com o intuito de verificar a influência das malhas fotoseletoras na

produtividade dessas cultivares, correlacionando-as com os resultados dessa pesquisa.

## Referências

- Bento, B. M. C. (2017). Matéria orgânica no solo favorece o crescimento da alface sob temperaturas estressantes. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucur, Diamantina].
- Buthelezi, M. N. D., Soundy, P., Jifon, J., & Sivakumar, D. (2016). Spectral quality of photo-selective nets improves phytochemicals and aroma volatiles in coriander leaves (*Coriandrum sativum* L.) after postharvest storage. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 161, 328-334. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.05.032>
- Cavalcanti, F. D. A. (coord.). (2008). Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2a. aproximação. 3. Ed.). Instituto Agrônomo de Pernambuco.
- Corrêa, R. M., Pinto, J. E. B., Reis, É. S., & Moreira, C. M. (2012). Crescimento de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de folhas de orégano sob malhas coloridas. *Global Science and Technology*, 5(1), 11-22.
- Prado, R. de M. (2020). Nutrição de plantas. (2a ed.) Editora Unesp.
- Pérez, J. C. D. (2013). Bell pepper (*Capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: Microenvironment, plant growth, leaf gas exchange, and leaf mineral nutrient concentration. *HortScience*, 48(2), 175-182. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.2.175>
- Eloi, W. M., Duarte, S. N., Soares, T. M., Silva, E. F. D. F., & Miranda, J. H. (2011). Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertigação em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 471-476. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000500006>
- Gama, D. R. D. S., Mesquita, A. C., Yuri, J. E., Ferreira, K. M., & Souza, V. (2017). Impacto dos diferentes ambientes de sombreamento no crescimento e produtividade de três cultivares de minitomates. *Revista Caatinga*, 30(2), 324-334. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n207rc>
- Govanhica, G. J. M. (2019). Avaliação do potencial para a produção de tomate em ambiente protegido em Moçambique. [Dissertação de Mestrado- Master's thesis, Universidade de Évora].
- Holcman, E., & Sentelhas, P. C. (2012). Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 858-863. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800007>
- Ilić, Z. S., Milenković, L., Šunić, L., Barać, S., Mastilović, J., Kevrešan, Ž., & Falik, E. (2017). Effect of shading by coloured nets on yield and fruit quality of sweet pepper. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(1), 53-62. <https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.008>
- Kraus, J. E., & Arduin, M. (1997). Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: EDUR. 198p.
- Ligia, S. R., Azevedo, A. V., Albuquerque, A. W., & Junior, J. F. S. (2013). Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4), 386-391. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000400005>
- Lima Jr, É. D. C., Alvarenga, A. A. D., Castro, E. M. D., Vieira, C. V., & Barbosa, J. P. R. A. D. (2006). Physioanatomy traits of leaves in young plants of *Cupania vernalis* camb. subjected to different shading levels. *Revista Árvore*, 30(1), 33-41. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000100005>
- Lemos, O. L. (2008). Cultivo e controle de insetos do tomateiro em diferentes ambientes. (Tese de Doutorado em Agronomia - Faculdade de Engenharia-UNESP).
- Gutiérrez, G. A. M., Santana, L. N., Hernández, Y. D. O., Morales, I., & Hernández, G. F. G. (2016). Growth and oil content of basil (*Ocimum basilicum* L.) grown under colored shade nets. *Interciencia*, 41 (6), 428-432.
- Martins, J. R., Alvarenga, A. A., Castro, E. M. D., Silva, A. P. O. D., Oliveira, C., & Alves, E. (2009). Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. *Ciência Rural*, 39(1), 82-87. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000040>
- Melo, H. C. D., Castro, E. M. D., Alves, E., & Perina, F. J. (2011). Anatomia foliar de microtomateiros fitocromo-mutantes e ultra-estrutura de cloroplastos. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 11-18. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000100001>
- Miller, S. S., Hott, C., Tworkoski, T. (2015). Shade effects on growth, flowering and fruit of apple. *Journal of Applied Horticulture*, 17(2), 101-105.
- Nascimento, M. E., Pinto, J. E. B. P., & Silva, J. M. D. J. (2014). Plasticidade foliar e produção de biomassa seca em *Copaifera langsdorffii* Desf. cultivada sob diferentes espectros de luz. *Revista de Ciências Agrárias*, 57 (1), 41-48.
- Oliveira, M. M. T. D. (2019). Sombreamento na fisiologia, produção e qualidade e efeito da temperatura nos aspectos moleculares da pitaia. [Tese de Doutorado em Agronomia]. Universidade Federal do Ceará.
- Reddy, S. J., & Amorim Neto, M. D. S. (1983). Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil. Embrapa Semiárido.
- Rocha, R., Campos, C., Oliveira, G., Goto, R., Leitão, M. R., Vieira, J., & Carvalho, T. (2015). Características de crescimento de 5 híbridos de tomateiro em ambiente protegido e a campo aberto na região do Submédio do São Francisco. *Revista Sodebras*, 10(112), 130-135.
- Santos, A. M. D. S. (2021). Estudos de diferentes híbridos de tomates de mesa (*Solanum lycopersicum* L.) por espectrometria de massas com ionização por paper spray (PSI-EM): determinação do perfil químico e quantificação de agrotóxico. [Dissertação de Mestrado em Química, Universidade Federal de Goiás].

Silva, L. G. V., Souza, G. S., Santos, A. R., Braulio, C. S., Brito, G. S., Oliveira, A. S., Machado, J. P., & Souza, E. S. (2022). Rendimento de fitomassa de rúcula em diferentes ambientes de luz e substratos orgânicos. *Research, Society and Development*, 11(8), e3211830097. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30097>

Silva, L. D. S. A. B., & Medeiros, J. D. (2005). Anatomia foliar de *Psidium cattleianum* S. (Myrtaceae). *Revista Botânica*, 34, 15-38.

Silva, R. A. L., Soares, J. D. R., Dias, G. D. M. G., Pasqual, M., Chagas, E. A., & Gavilanes, M. L. (2015). Cultivo de tamarindo sob malhas coloridas: plasticidade anatômica foliar. *Ciência Rural*, 45, 238-244. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140012>

Silva, C. R. da, Vasconcelos, C. de S., Da Silva, V. J., De Sousa, L. B., & Sanches, M. C. (2013). Crescimento de mudas de tomateiro com diferentes telas de sombreamento. *Bioscience Journal* [online], 29, 1415-1420. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18062>

Silva, F. A. S., & Azevedo, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11(39), 3733-3740. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

Pedó, T., Medeiros, L. B., Rólim, J. M., Peter, M., dos Santos Pereira, L. H., Martinazzo, E. G., & Mauch, C. R. (2021). Correlação entre caracteres fisiológicos e agrônômicos para tomateiro. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 120(1), 068-068. <https://doi.org/10.24215/16699513e068>