



SUELEN FRANCISCA RIBEIRO

**INFLUÊNCIA DE MALHAS
FOTOCONVERSoras NOS ASPECTOS
ANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS DE MUDAS
DE *Talisia esculenta* (A.St.-Hil) Radlk**

LAVRAS – MG

2014

SUELEN FRANCISCA RIBEIRO

**INFLUÊNCIA DE MALHAS FOTOCONVERSoras NOS ASPECTOS
ANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS DE *Talisia esculenta*
(A. St.-Hil) Radlk**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Moacir Pasqual

Coorientadora

Dra. Joyce Dória Rodrigues Soares

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Ribeiro, Suelen Francisca.

Influência de malhas fotoconversoras nos aspectos anatômicos e fisiológicos de mudas de *Talisia esculenta* (A. St. –Hil.)Radlk / Suelen Francisca Ribeiro. – Lavras : UFLA, 2014.

91 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Moacir Pasqual.

Bibliografia.

1.Pitomba. 2. *Talisia esculenta* – Morfofisiologia. 3. *Talisia esculenta* - Compostos secundários. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.28

SUELEN FRANCISCA RIBEIRO

**INFLUÊNCIA DE MALHAS FOTOCONVERSoras NOS ASPECTOS
ANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS DE *Talisia esculenta***

(A.St.-Hil) Radlk

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2014.

Dr. Eduardo Alves UFLA

Dr. Fabrício José Pereira UFLA

Dra. Leila Aparecida Salles Pio UFLA

Dr. Moacir Pasqual

Orientador

Dra. Joyce Dória Rodrigues Soares

Coorientadora

LAVRAS - MG

2014

À minha mãe, amiga e exemplo, MARIA DAS GRAÇAS
Aos meus queridos, Tio LÚCIO, Tia BEATRIZ e HELIANA
Aos meus amados irmãos MÁRCIO, WELLINGTON e MARLON
Aos sobrinhos mais lindos,
ELAYLA, JARDYAM, YASMIM, GABRIELA, NATÁLIA e EMANUELY
As afilhadas ELAYLA E NATÁLIA

Por serem a força e o amor imprescindíveis nesta etapa,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela presença real e constante em toda a caminhada.

À minha família sem a qual não continuaria a caminhada, muito obrigada por ser minha fortaleza.

À minha família de coração, pessoas tão amadas do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada, que me acolheram e renovaram em mim o sentido da palavra amizade. Especialmente às amigas de todos os momentos, Jaiane, Raquel, Katiúscia. Sem vocês não teria nenhuma graça. Aos, também, futuros botânicos e que em algum momento fizeram parte deste desenvolver, João Paulo, que sempre me incentivou; Gabriel, Náyara, Mairy, Luciana, Marinês, Márcio, Luiz Carlos. A vocês pela generosidade nos estudos e amizade; pelos momentos filosóficos, de alegrias e preocupações.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade, especialmente ao Departamento de Biologia, que nos abriu esta porta.

Aos coordenadores do curso, Prof. Evaristo e Prof. Fabrício, por todo o apoio, sempre em busca de melhorias para o Programa e para os alunos.

À secretária do Curso de Botânica, Eliana, por toda presteza e, incondicional apoio e torcida.

Ao Professor Moacir Pasqual, por ter aceitado me orientar, pelo apoio, ensinamentos, espaço e pela liberdade em construir a pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo importante apoio financeiro.

À pesquisadora e coorientadora Joyce Dória Rodrigues Soares pelo inestimável carinho, apoio, prestatividade nos muitos cortes anatômicos, por me incentivar a buscar novos caminhos na pesquisa, por ensinar-me que com vontade pode-se realizar muitos projetos de qualidade, pelos socorros e, também por mostrar-me que não precisa se excluir a fé para fazer ciência.

À pesquisadora Gabrielen de Maria Gomes Dias (Gabi) pela sincera amizade, pelo carinho, incentivo, auxílio na montagem, no decorrer e na finalização da pesquisa, sem você teria sido muito mais árduo.

À doutoranda Renata Alves Lara por todos os auxílios na parte manual, pela gentileza, atenção e amizade.

Ao pesquisador Filipe Almendagna Rodrigues, pelo auxílio nas pesquisas e amizade.

Aos membros da banca, por terem aceitado o convite de lapidarem o meu trabalho.

Aos queridos laboratoristas pelo profissionalismo e ensinamentos, que tornaram a vida no laboratório mais leve, Claret e Vantuil.

Às bolsistas envolvidas nos trabalhos desenvolvidos no laboratório, porque em algum momento foram de fundamental importância no desenvolvimento desta pesquisa, Flávia (que muitas vezes, ficou além do horário me auxiliando), Camila, Luciana e Raíssa.

Aos queridos companheiros do laboratório e de mestrado, doutorado e pesquisadores, com os quais pude dividir momentos de trabalho e de festividades, Adalvan, Mirielle, Héliida e Leila.

Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análises Ultraestrutural do Departamento de Fitopatologia, à laboratorista Eloísa (Elô), pela ajuda e disponibilidade durante a realização das análises de microscopia de varredura. A Dr. Cláudia Labory pela ajuda e disponibilidade durante a realização das análises com a microscopia de transmissão.

Ao Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos, na figura da laboratorista Constantina (Tina), pela ajuda e auxílio prestados.

Ao Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia, especial ao técnico-científico Ítalo, pela prontidão e apoio nas análises, assim como ao doutorando Luiz Carlos pela ajuda com o IRGA.

A todos que no simples ato de esclarecer-me dúvidas, como Jean e Marcelo, contribuíram para a minha realização, minha profunda gratidão.

As amigas de república que aguentaram os momentos de tensão e também de alegria, especialmente a Síntia, grande amiga, Priscila, amiga de infância, Flávia, Thaiany, Daiane e Luana.

Obrigada pessoal!

RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de identificar qual malha fotoconversa (azul, branca, preta e vermelha), promove alterações no desenvolvimento e crescimento, ou seja, os seus efeitos em características fisiológicas e morfológicas de *Talisia esculenta* (A.St.-Hil) Radlk, popular pitomba. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Para o experimento com malhas, análises morfológicas, anatômicas, fotossintéticas e de produção de compostos secundários, identificou-se que as plantas de *T. esculenta*, responderam diferentemente para cada característica analisada. Morfológicamente plantas sob malha branca apresentaram maior área foliar, maiores massa fresca e seca das folhas e raízes. As plantas sob malha azul desenvolveram cutículas mais espessas, apresentaram maior número de feixes vasculares, e com maior diâmetro e, não houve diferença significativa para epiderme da face adaxial como da face abaxial. As malhas não interferiram na realização da fotossíntese, em qualquer dos parâmetros analisados. Quanto aos compostos secundários, a malha azul e vermelha promoveu maior acúmulo de pigmentos fotossintéticos e de produção de compostos fenólicos, em relação à malha branca e preta. Por meio de análises morfológicas e histoquímicas, os frutos de *Talisia esculenta* foram caracterizados, evidenciando que a espécie é responsiva ao ambiente em que se encontra. As respostas anatômicas e fisiológicas de *T. esculenta* corroboram o fato de que as respostas às variações no espectro de luz são inerentes a cada espécie.

Palavras-chave: *Talisia esculenta*. Malhas fotoconversoras. Morfofisiologia.

ABSTRACT

The present study was conducted with the purpose of identifying which colored-shade nets (blue, white, black and red), promotes changes in growth and development, that is, their effects on physiological and morphological characteristics of *Talisia esculenta* (A.St.-Hil) Radlk, popular pitomba. The experiment was undertaken in a completely randomized design. For the experiment with nets, morphological, anatomical, and photosynthetic and production surveys of secondary compounds, it was identified that the plants of *T. esculenta* responded differently for each characteristic investigated. Morphologically, plants under white net presented larger leaf area, higher fresh and dry weight of leaves and roots. The plants under blue net developed thicker cuticles, presented a higher number of vascular bundles and with greater diameter and there was no significant difference for the adaxial epidermis as well as for the abaxial face. The nets did not interfere in the carrying out of photosynthesis in any of the parameters investigated. Regarding the secondary compounds, the blue and red net promoted greater concentration of photosynthetic pigments and production of phenolic compounds as compared the white and black nets. By means of morphological and histochemical analyses, the fruits of *Talisia esculenta* were characterized; standing out that the species is responsive to the environment in which it lies. The anatomical and physiological responses of *T. esculenta* corroborate the fact that the responses to variations in the light spectrum are inherent to each species.

Keywords: *Talisia esculenta*. shading nets. morphophysiology.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	13
	INTRODUÇÃO GERAL	13
1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Família Sapindaceae Juss.	15
2.2	<i>Talisia esculenta</i> (A.St.-Hil) Radlk	16
2.3	Qualidade luminosa	19
2.4	O uso de malhas fotoconversoras	22
2.5	Metabólitos secundários	23
	REFERÊNCIAS	25
	CAPÍTULO 2 Caracterização de frutos e sementes e características morfológicas das plantas de <i>Talisia esculenta</i> cultivadas sob malhas fotoconversoras	31
1	INTRODUÇÃO	33
2	MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1	Delineamento experimental	37
2.2	Análises dos frutos e sementes	38
2.3	Experimento com malhas	39
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1	Dados morfológicos dos frutos	44
3.2	Composição centesimal	44
3.3	Análise histoquímica	46
3.4	Malhas fotoconversoras	47
3.5	Dados anatômicos	50
	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 3 Efeito das malhas fotoconversoras nas taxas fotossintéticas e no metabolismo secundário de Talisia esculenta.....		70
1	INTRODUÇÃO.....	72
2	MATERIAL E MÉTODOS	74
2.1	Análise fotossintética e de trocas gasosas	75
2.2	Análise do teor de pigmentos	76
2.3	Análise do teor de fenóis.....	76
2.4	Análise ultraestrutural.....	77
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
	CONCLUSÕES.....	85
	REFERÊNCIAS.....	86

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma riqueza de flora com 43.535 espécies de plantas já descritas (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2013), sendo que muitas destas espécies nativas são frutíferas e pouco conhecidas. Muitas possuem potencial para serem cultivadas para exploração econômica o que, ampliaria as espécies que são comercializadas, aproveitando-se das características naturais do país. Ao se cultivar estas espécies nativas, impedir-se-ia a perda de material genético por erosão e exploração inadequada, o que ocorre com muitas espécies antes mesmo de se conhecer os benefícios que tal espécie pode conter (ANDRADE, 2012).

A *Talisia esculenta* (A.St.-Hil) Radlk, popular pitomba, é uma frutífera oriunda da região amazônica, pertencente à família Sapindaceae, embora de origem amazônica, é na região nordeste que se destaca o seu consumo. Embora seja de alto consumo nesta região, os frutos comercializados são oriundos do extrativismo ou de pequenos pomares urbanos. Não há para esta espécie adaptação de técnicas e plantio, visando o cultivo (ALVES et al., 2013). Na literatura não existem relatos do cultivo de *T. esculenta* em ambientes com diferentes qualidades de luz, o que pode ser encontrado em abundância para outras espécies (OLIVEIRA et al., 2009; HUNSCHE; BLANKE; NOGA, 2010; SOLOMAKHIN; BLANKE, 2010) evidenciando a grande influência que o espectro da radiação solar pode ocasionar em plantas. Vegetais possuem sinalizadores intracelulares e moleculares que os permite perceber mudanças nas condições de alguns ambientes. Uma das maiores influências das plantas é

quanto às alterações nas condições luminosas, de nutrição e de disponibilidade hídrica, condições que fazem parte vital do metabolismo da planta. Destes fatores, a luz é primordial, devido ao processo fotossintético pelo qual há a produção de energia para manter todos os seus demais processos fisiológicos (HETHERINGTON; WOODWARD, 2003).

O crescimento de *Talisia esculenta* é lento, se tornando produtiva somente após os 10 anos, e não há estudos para a espécie de técnicas de cultivo, visando a sua produtividade, de modo a valorizar esta espécie subexplorada economicamente. Dessa forma, a identificação de uma faixa de sombreamento adequado, da qualidade espectral da luz pode desempenhar um papel fundamental no desempenho fisiológico, visando à maior eficiência na captação e na utilização da energia radiante, e influenciando no desenvolvimento morfológico da planta.

Este trabalho está dividido em duas etapas, primeiramente com o objetivo de caracterizar os frutos e as sementes de *T. esculenta*, por meio de análises morfológicas e histoquímicas. A segunda etapa é a avaliação de crescimento e desenvolvimento de plantas de *T. esculenta* cultivadas sob telados de malhas fotoconversoras, através de análises anatômicas, fisiológicas e ultraestruturais para identificar o melhor cultivo da plantas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Família Sapindaceae Juss

A família Sapindaceae Juss pertence à ordem Sapindales e está distribuída pelos trópicos e subtropicais, de forma cosmopolita. Sapindaceae é um termo latino do qual *Sapindus*, significa sabão de índio. Esse nome é decorrente da presença de saponina, um composto secundário encontrado nos frutos, sementes e, em outros tecidos de algumas espécies, principalmente a *Sapindus saponaria* L., a saboneteira de macaco, que era utilizada popularmente como sabão (JOLY, 2005). A família Sapindaceae é composta por espécies de diferentes hábitos, arbóreo, arbustivo e trepador, e com raras exceções encontram-se herbáceas (JOLY, 2005; SOUZA; LORENZI, 2005).

No Brasil são encontrados 25 gêneros, com aproximadamente 411 espécies, localizados em ecossistemas florestais, principalmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (SOUZA; LORENZI, 2005).

Representantes desta família possuem flores pequenas, reunidas em inflorescências paniculadas axilares ou terminais, hermafroditas ou unissexuadas, zigomórficas, pentâmeras, variando a tonalidade entre verde e branco, com 8 a 10 estames. O ovário é súpero, com 2 a 4 lóculos e 2 a 3 carpelos, com um único óvulo em cada lóculo (JOLY, 2005). Seus frutos são secos ou esquizocarpos, com sementes sempre no ápice, e em algumas espécies envoltas por um arilo. Alguns representantes são utilizados para ornamentação como *Sapindus saponaria*, *Diplokeleba floribunda*, *Talisia acutifolia*, também na arborização *Sapindus marginatus*, *Matayba guianensis*, *Diplokeleba floribunda*, *Allophylus edulis*. A espécie *Dilodendron bipinnatum* é utilizada no paisagismo e para o reflorestamento é indicada a espécie *Cupania oblongifolia*.

Na construção civil *Magonia pubescens*. Popularmente algumas espécies são utilizadas como medicinal de diferentes modos de preparo para: úlcera (*Serjania erecta*, raízes e folhas), para hipertensão (*Serjania erecta*, raízes), para problemas nos rins (*Talisia esculenta*, folhas), e em casos de diarreias (*Talisia esculenta*, a semente cozida) ou tosse (*Cardiospermum grandiflorum*, raízes e folhas) (JOLY, 2005).

Mas a espécie mais conhecida da família é o *Paullinia cupana Kunth*, o popular guaraná, endêmico da região amazônica, utilizado na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica (HERCULANO; MATOS, 2008). Outras espécies como o camboatã ou *Cupania vernalis Cambess* e *Talisia esculenta* Radlk., a pitomba, apresentam frutos comestíveis que, são consumidos localmente principalmente na região nordeste, obtidos por extrativismo (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2000). Outras espécies como *Paullinia pinnata*, são venenosas e seus extratos são utilizados por indígenas amazônicos para auxílio na caça (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2000).

2.2 *Talisia esculenta* (A.St.-Hil) Radlk

A *Talisia esculenta* (A.St.-Hil), popular pitomba, pitombeira, pitombarana ou olho-de-boi, é uma espécie arbórea, nativa da Amazônia e, por isso encontrada na região fronteiriça ao norte do Brasil. Através do extrativismo, esta espécie foi dispersa para áreas de capoeiras, para as regiões do nordeste ao sudeste, estando adaptada a áreas de cerrado e cerradão do centro-oeste brasileiro (CAVALCANTI et al., 2001).

A árvore da *T. esculenta* pode atingir 15 metros de altura, é perene e de produção anual, que somente ocorre após os 10 anos de plantio. Apresenta tronco acinzentado, cilíndrico com lenticelas por toda a sua extensão, sendo seus ramos também cilíndricos e estriados. Suas folhas são pari ou imparipenadas,

opostas ou alternas, desde ovaladas até pouco obtusas. A face adaxial da folha apresenta brilho e a nervura central é mais proeminente nesta, enquanto que na face adaxial há tricomas muito esparsos e a folha é contínua ao pecíolo (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2003).

A *T. esculenta* possui pequenas flores brancas em cachos terminais e que possuem aroma. Sua floração ocorre nos meses de agosto a novembro e a maturação dos seus frutos ocorre a partir dos meses de dezembro a março, sendo mais pronunciada de janeiro a março, com 10 a 20 frutos em cada cacho (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2000). Cada fruto tem até 2,5 cm de diâmetro quando maduro, sendo globoso, glabro, de cor amarelo-escuro, com epicarpo duro, quebradiço e seco. As sementes são alongadas, comumente monospermicas, com testa avermelhada, com cotilédones superpostos ao embrião. A semente é envolta por um arilo róseo-esbranquiçado comestível (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2003). Os frutos da *T. esculenta* são comumente consumidos na região norte e nordeste, onde são comercializados os cachos em feiras e no litoral.

Da *T. esculenta* também se utiliza a madeira, empregada nas fábricas moveleiras, na carpintaria e no uso interno de construções civis. As sementes também são utilizadas tradicionalmente como remédio para desidratação e as folhas para dores lombares. Segundo Corrêa (1974), as folhas e o epicarpo contêm tanino e a seiva é ictiotóxica. A pitomba também é indicada como porta-enxerto segundo Mendonça et al. (2012).

Embora *T. esculenta* tenha importância econômica na região norte e nordeste, pelo alto consumo, os frutos comercializados advêm de cultivo em quintais, não tendo uma produção organizada (ALVES et al., 2013). A exploração desta frutífera se dá de forma extrativista sem nenhum uso de tecnologia voltada a sua produção.

A propagação da *T. esculenta* ocorre por sementes, que perdem a viabilidade em aproximadamente 15 dias. Sendo, por isso, consideradas recalcitrantes devido à perda de água acarretar a perda do vigor, portanto é necessário o seu plantio logo após extração dos frutos. A sua emergência ocorre entre 15 a 30 dias, após semeadura, com elevada taxa de germinação sendo, esta, do tipo hipógeo (ALVES et al., 2013; SOUZA; LORENZI, 2005).

A *T. esculenta*, como uma arbórea rústica, não é uma espécie exigente quanto às condições de solo e clima, sendo de fácil adaptação. Cresce bem em zonas de clima quente e temperado-quente, por isso indicada para plantio em áreas degradadas principalmente áreas de matas ciliares (VIEIRA; GUSMÃO, 2008).

Em estudos realizados por Freire et al. (2001; 2002), foi identificado nas sementes de *T. esculenta*, uma isolecitina denominada de talisina que tem por função aglutinar proteínas. Por meio de técnicas de cromatografia de afinidade, Freire et al. (2003) conseguiram determinar a estrutura proteica desta lectina. Essa glicoproteína apresenta mistura de moléculas, subgrupos de lecitinas e, isolecitas, com sequência N-terminal similar a representantes de inibidores de proteases da família Kunitz.

Baseado nesta capacidade de aglutinar proteínas e células, Macedo et al. (2011), verificaram o potencial desta substância vegetal em inibir o crescimento e desenvolvimento de larvas de insetos. Em experimentos com larvas de *Anticarsia gemmatilis* Hueb, a lagarta da soja, os pesquisadores obtiveram resultados preliminares de que esta glicoproteína diminui o desenvolvimento destas larvas. Outros trabalhos verificaram o potencial desta isolecitina em evitar o crescimento de fungos (SANTOS et al., 2008), bactérias (PINHEIRO et al., 2009) e larvas de pequenos insetos (MACEDO et al., 2011).

2.3 Qualidade luminosa

A luz está diretamente relacionada aos processos vitais das plantas. É a condição ambiental que mais influencia no processo fotossintético. Isto é devido à absorção dos fótons pelos vegetais. E posteriormente são utilizados na reação química na fotossíntese, para obtenção de energia para os demais processos fisiológicos relacionados ao desenvolvimento e crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

As plantas possuem mecanismos capazes de responder às alterações nas condições de luz, assim podem ocorrer alterações morfofisiológicas nos estômatos, para melhor controle da abertura e fechamento dos poros estomáticos, para melhor absorção de CO₂ e redução da perda de água. Bem como, ocorre alteração do movimento dos cloroplastídeos nas células para melhor captura de energia luminosa (KAWAI et al., 2003). Estudos com diferentes níveis de sombreamento para a espécie *Cupania vernalis* Camb, popular camboatã, realizado por Lima Jr. et al. (2006) relacionando a fotossíntese e anatomia, evidenciaram uma correlação positiva entre a anatomia e características de trocas gasosas, em que houve maior taxa fotossintética e incremento na condutância estomática, em plantas com maior aumento na densidade estomática.

Nos estômatos, as células-guarda detectam as condições do ambiente, e respondem com a abertura ou fechamento do poro estomático, de modo a evitar danos por baixa absorção de gás carbônico ou por excesso de transpiração (ASSMANN; SHYMAZAKI, 1999). Além de modular a abertura e fechamento dos estômatos, há alteração no número, localização e tamanho destes. Os estômatos comumente são localizados no mesmo nível das células epidérmicas, porém, de acordo com o ambiente, podem estar abaixo do nível da epiderme, envoltos em criptas, para manter a sua funcionalidade adequada, evitando danos

por excesso de transpiração, sendo que estas mudanças não ocorrem em curto prazo, e sendo também estas características de espécies de ambiente xérico (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

A anatomia foliar é voltada principalmente para assegurar o seu processo de absorção da energia luminosa. Apresentando uma epiderme que permita a passagem de luz para o parênquima clorofiliano, no qual há pigmentos fotossintetizantes. O parênquima clorofiliano ou paliçádico juntamente com parênquima esponjoso compõe o mesofilo, onde ocorrem as mudanças influenciadas pelo ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2009; ENGEL; POGGIANI, 1991).

Os tecidos do mesofilo sofrem alterações na estrutura, no tamanho, disposição e formato das células, influenciados pela luz absorvida. Podem aumentar o número de camadas de células que os compõem e, também a disposição e quantidade de feixes vasculares neles inseridos (COSTA et al., 2010). Folhas de sombra apresentam menor espessura do mesofilo, pois há uma redução dos tecidos e, geralmente apresentam maior área foliar. Enquanto que, plantas sob alta irradiação apresentam maior espessura do mesofilo, com possível aumento nas camadas do parênquima paliçádico ou mesmo do esponjoso, ou alongamento das células do parênquima paliçádico. Essa maior espessura da folha é característica de plantas de sol, e ocorre para uma melhor exposição dos tecidos a energia luminosa (TAIZ; ZEIGER, 2009). Há também aumento do número de cloroplastídeos nos tecidos clorofilianos, alterando a disposição destes nas células, em favor de melhor exposição à luz, otimizando a fotossíntese (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Após a luz penetrar nos tecidos da folha, ocorrendo a captura de fótons, no complexo antena, constituído por pigmentos fotossintetizantes (clorofila a e b, carotenóides e xantofilas) os fótons então são transformados em energia química

nos centros de reação, fotossistemas I e II constituídos pelo complexo antena, proteínas e enzimas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Assim como as características anatômicas, estes pigmentos podem sofrer influência da condição luminosa, havendo maior concentração de clorofila por massa de folha em ambientes mais sombreados, e em alta luminosidade pode ocorrer o inverso, devido à foto inibição (PIRES et al., 2011; COSTA; ALMEIDA; VALE, 1998). Esta quantidade de pigmentos estará relacionada às alterações sofridas pelo tecido, ocorrendo modificações neste para melhor expor os pigmentos à captura de fótons.

Da mesma forma alterações na anatomia vão estar relacionadas com a condutância estomática, assimilação de CO₂ e com a transpiração. A morfologia foliar é alterada visando melhorar esta primeira etapa da fotossíntese, na abertura dos poros estomáticos para captação de CO₂ que, refletirá no maior acúmulo e disponibilidade do gás carbônico dentro das células, aumentando a taxa fotossintética (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

A adaptação das plantas morfofisiologicamente tornou-se importante em pesquisas devido às constantes alterações ambientais. Muitos pesquisadores, afirmam a necessidade destes estudos já que, as espécies desenvolvem características que poderão influenciar o seu desempenho quanto ao crescimento e desenvolvimento. Embora muito já se conheça destas respostas, isso pode variar de acordo com a espécie, da mesma forma os estudos sobre as estruturas internas das plantas auxiliam na compreensão dos acontecimentos relacionados ao corpo do vegetal, elucidando as respostas destes às mudanças no ambiente (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELO-GUERREIRO, 2012; MIRALLES et al., 2011; ANTONOPOLOU et al., 2004).

2.4 O uso de malhas fotoconversoras

As plantas são perceptivas ao regime luminoso, percebendo a composição espectral (qualidade), isto é, a faixa de absorção dos fótons, direção, intensidade de luz (quantidade) e duração do período luminoso (TAIZ; ZEIGER, 2009; SHAHAK et al., 2004). Segundo McMahon e Kelly (1995) as plantas conseguem reagir às mudanças no espectro da radiação eletromagnética por meio de alterações na morfologia e nas funções fisiológicas, sendo as mudanças nos espectros de comprimento de onda de 670 nm (vermelho), 730 nm (vermelho distante) e 380 nm (azul) as que mais influenciam respostas foto seletivas. Isto é devido, também, à atividade dos pigmentos fotossintetizantes serem nestes comprimentos. Bastías, Manfrini e Grappadelli (2012) observaram que quando há menor relação vermelho/azul, há maior produção de folhas com maior comprimento foliar.

Sabendo-se destas respostas foto seletivas, foram desenvolvidas algumas estratégias, como a utilização de telas ou plásticos que, visam simular diferentes espectros de absorção da radiação solar (BRANT et al., 2009). A partir disso, muito se tem utilizado de redes ou malhas fotoconversoras coloridas. Estas, inicialmente utilizadas somente para proteção contra intempéries físicas e animais, tornaram-se uma técnica utilizada para filtrar e modular a iluminação modificando a porção dos espectros que chega até as plantas. Possibilitando-se o controle da radiação de modo a favorecer o desenvolvimento de determinadas características específicas das quais a fisiologia esteja relacionada à variação do espectro de luz (ILIC et al., 2012).

Para a espécie *Pittosporum variegatum* – pau-de-incenso, verificou-se que plantas sob malha vermelha obtiveram maior percentual de ramos com maior comprimento e peso em relação às plantas em sombreamento com malha azul ou preta (OREN-SHAMIR et al., 2001). Costa et al. (2010) obtiveram

plantas de *Ocimum selloi* Benth com maior crescimento em altura. Além de maior número e tamanho de cloroplastídeos quando cultivadas sob malhas coloridas. Entretanto os autores relatam que outras características como maior acúmulo de amido ocorreu a pleno sol e sob malha vermelha, e que, acúmulo de biomassa total, relação raiz: parte aérea, densidade estomática e espessamento da epiderme da face adaxial e do parênquima esponjoso foram maiores nas plantas cultivadas a pleno sol.

Além da anatomia, muito se tem pesquisado na utilização destas malhas para verificar se ocorrem mudanças também na produção do metabolismo secundário das plantas, a fim de verificar o quanto esses produtos, ou compostos secundários são atingidos pela condição espectral. Essas pesquisas são comuns para espécies medicinais (BRANT et al., 2009) e diversas outras ornamentais (KHATTAK; PEARSON; JOHNSON, 2004). Já com o conhecimento de que a resposta das plantas à luz ocorre na sua morfologia, anatomia e nos processos bioquímicos, também é possível conhecer em quais porções do espectro da luz visível a planta responde melhor para as características do metabolismo secundário (MCMAHON; KELLY, 1995).

2.5 Metabólitos secundários

Os compostos de defesa produzidos pelos vegetais, e que não são de função principal nas rotas metabólicas principais dos vegetais, são considerados secundários. A produção destes é desencadeada em resposta a interação da planta com o ambiente, por defesa a condições estressantes edafoclimáticas (GOBBO NETO; LOPES, 2007).

Os metabólitos secundários são divididos em três categorias principais de acordo com a rota metabólica das quais derivam. Assim os flavonóides, os compostos fenólicos e os compostos nitrogenados são derivados da rota do ácido

chiquímico e do mevalonato. Outra classe, os terpenóides derivam da rota do ácido mevalônico e do piruvato-3-fosfoglicerato. Já, os alcalóides derivam do ácido chiquímico e de aminoácidos alifáticos (TAIZ; ZEIGER, 2009; GOBBO NETO; LOPES, 2007). A produção destes compostos está relacionada a condições adversas. Estudos relatam a influência da sazonalidade, temperatura, ritmo circadiano, radiação, disponibilidade hídrica e disponibilidade de nutrientes (SIMÕES et al., 2004).

De todos os metabólitos secundários, os compostos fenólicos estão amplamente presentes nos vegetais, na forma livre ou ligados a açúcares e proteínas (SIMÕES et al., 2004), sendo mais comuns os fenóis na forma polimerizada como tanino e ligninas. Os taninos são compostos de alto peso molecular, encontrados na forma hidrolisada ou condensada. E as ligninas são polímeros complexos, que constituem a parede celular de alguns vasos tipo colunas (SIMÕES; SPITZER, 2007).

Segundo Simões e Spitzer (2007) a qualidade da luz interfere diretamente na planta e na composição dos compostos fenólicos, tendo a radiação uma correlação positiva com a produção de compostos fenólicos. Os compostos fenólicos são categorizados em antocianinas, taninos e flavonóides, que atuam na planta como fotoprotetores. Esta classe de compostos está relacionada à absorção e dissipação de energia solar, de modo a evitar danos ao metabolismo das plantas (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.; PERINA, F. J. **Apostila do curso introdutório à microscopia eletrônica de varredura e microanálise de raios x**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2012. 63 p.
- ALVES, E. U.; MONTE, D. M. O.; CARDOSO, E. A.; SANTOS-MOURA, S. S.; MOURA, M. F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Talisia esculenta* (A. St. –HIL) Radlk em função de profundidades e posições de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 328-339, mar./abr. 2013.
- ANDRADE, P. F. S. Fruticultura - Análise da Conjuntura Agropecuária. Dezembro de 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/fruticultura_2012_13.pdf>. Acesso em 13 jan. 2014.
- ANTONOPOLOU, C.; DIMASSI, K.; THERIOS, I.; CHATZISSAVVIDIS, C. . The influence of radiation quality on the *in vitro* rooting and nutrient concentrations of peach rootstock. **Biologia Plantarum**, Dordrecht, v. 48, n. 4, p. 549-553, Apr. 2004.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 404 p.
- ASSMANN, S.M.; SHYMAZAKI, K. The multisensory guard cell. Stomatal responses to blue light and abscisic acid. **Plant Physiology**, American Society of Plant Physiologists, v. 119, p. 809-815, 1999.
- BASTÍAS, R. M., MANFRINI, L.; GRAPPADELLI, L. C. Exploring the potential, use of Photo-selectiva nets for fruit growth regulation in apple. **Chilean journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, p. 225-231, 2012.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSA, L. F.; ALBIQUERQUE, C. J. B.; FERRI, P. H.; CORRÊA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, mai. 2009.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009, 234 p.

CAVALCANTI, S. B. T.; TELES, H. L.; SILVA D. H. S; FURLAN, M.; YOUNG, M. C. M.; BOLZANI, V.S. New tetra-acetylated oligosaccharide diterpene from *Cupania vernalis*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 12, p. 413-416, 2001.

CORRÊA, P. M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura/IBDF, V. 5, p. 513-514, 1974.

COSTA, L. C. B.; ALMEIDA, A. A. F.; VALLE, R. R. Growth, chlorophyll content and anatomical structure in seedlings of *Theobroma cacao* under Different irradiances and nitrogen levels. **Agrotropica**, v.10, p. 21-30, 1998.

COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M. de.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ROSAL, L. F. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 349-359, 2010.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FREIRE, M. G. M.; MACHADO, O. L. T; SMOLKA, M. B.; MARANGONI, S.; NOVELHO, J. C; MACEDO, M. L. R. Isolation and characterization of isolectins from *Talisia sculenta* seeds. **Journal of Protein chemistry**, v.20, n.6, P. 495 – 500, 2001.

FREIRE, M. G. M.; GOMES, V. M.; CORSINI, R. E.; MACHADO, O. L. T.; De SIMONE, S. G.; NOVELHO, J. C.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R. Isolation and characterization of a novel Lectin from *Talisia esculenta* seeds that interferes with fungal growth. **Plant Physiology Biochemical**, v. 40, p. 61-68, 2002.

FREIRE, M. G. M.; DE SOUZA, I. A.; SILVA, A. C. M.; MACEDO, M. L. R.; LIMA, M. S.; TAMASHIRO, W. M. S. C.; ANTUNES, E.; MARANGONI, S. Inflammatory responses induced in mice by lectin from *Talisia esculenta* seeds. **Toxicon**, v. 42, p. 275 - 280, 2003.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374 - 381, 2007.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae jussieu. **Acta Botânica Brasileira**, v. 14, n. 3, p. 327-334, 2000.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Repertório botânico da pitombeira (*Talisia esculenta* (St.-Hil.) Radlk. - Sapindaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, p. 237-242, 2003.

HERCULANO, A. C. M.; MATOS, W. R. Levantamento das espécies de sapindáceas arbóreas no Rio de Janeiro. **Saúde & Ambiente em Revista**, v. 3, n. 1, p.76-85, jan/jun. 2008

HETHERINGTON, A. M.; WOODWARD, F. I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. Article Review, **Nature**, v. 424, p. 901 – 908, 2003.

HUNSCHE, M.; BLANKE, M.M.; NOGA, G. Does the microclimate under hail nets influence micromorphological characteristics of apple leaves and cuticles? **Jornal of Plant Physiology**, v. 167, p. 974 - 980, 2010.

ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; STANOJEVIC, L.; CVETKOVIC, D.; FALLIK, E. Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 139, p. 90-95, 2012.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 13ª edição. São paulo: Companhia Editora Nacional, v. 4, p. 420 – 428, 2005.

KAWAI, H.; TAKESHI, K.; STEEN, C.; TOMOHIRO, K.; YOSHIKATSU, S.; TAKATO, I.; AKEO, K.; MASSAMITSU, W.. Responses of ferns to red light are mediate by an unconventional photoreceptor. **Nature**, London, v. 421, p. 287-290, 2003.

KHATTAK, A. M.; PEARSON, S.; JOHNSON, C. B. The effects of far red spectral filters and plant density on the growth and development of chrysanthemums. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, n. 3, p. 335-341, Nov. 2004.

LIMA JR. E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 33 - 41, jan./fev. 2006.

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. 2013. **Lista de espécies da flora do brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em Jan. 2014.

MACEDO, M. L. R.; FREIRE, M. G. M.; KUBO, C. E.; PARRA, J. R. P. Bioinsecticidal activity of *Talisia esculenta* reserve protein on growth and serine digestive enzymes during larval development of *Anticarsia gemmatalis*. **Comparative Biochemistry and physiology**, Part C, v. 153, p.24-33, 2011.

MCCMAHON, M. J.; KELLY, J. W. Anatomy and pigments of chrysanthemum leaves developed under spectrally selective filters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 64, n. 3, p. 203-209, Nov. 1995.

MENDONÇA, L. F. M.; LEITE, G. A.; MENDONÇA, V.; CUNHA, P. S. C. F.; PEREIRA, E. C. Fontes e doses de fósforo na produção de porta-enxertos de pitombeira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, (Mossoró – RN), v. 7, n. 4, p. 114 -119, out./dez. 2012.

MIRALLES, J.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J.; FRANCO, J. A.; BAÑÓN, S. *Rhamnus alaternus* growth under four simulated environments: morphological, anatomical and physiological responses. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 127, n. 4, p. 562 - 570, Feb. 2011.

OLIVEIRA, M.I.; CASTRO, E.M.; COSTA, L.C.B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisiavulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009.

OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y. E. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v. 76, n. 3, p. 353-361, June 2001.

PINHEIRO, A. Q.; MELO, D. F.; MACEDO, L. M.; FREIRE, M. G.; ROCHA, M. F.; SIDRIM, J. J.; BRILHANTE, R. S.; TEIXEIRA, E. H.; CAPELLO, C. C.; PINHEIRO, D. C.; LIMA, M. G. Antifungal and marker effects of *Talisia esculenta* lectin on *Microsporum canis* in vitro. **Journal of Applied Microbiology**, v.107, p. 2063-2069, 2009.

PIRES, M. V.; ALMEIDA, A. A. F.; FIGUEIREDO, L.; GOMES, F. P.; SOUZA, M. M. Photosynthetic characteristics of ornamental passion flowers grown under different light intensities. **PHOTOSYNTHETICA** , v.49, n.4, p.593-602, 2011.

SANTOS, W. L.; FREIRE, M. G. M.; BORGONI, P. C.; VENDRAMIM, J. D.; MACEDO, M. L. R. Effect of the Aqueous Extracts of the Seeds of *Talisia esculenta* and *Sapindus saponaria* on Fall Armyworm. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 51, n. 2, p. 373 - 383. Mar./abr. 2008.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; COHEN, Y.; LURIE, S.; STERN, R.; KFIR, S.; NAOR, A.; ATZMON, I.; DORON, I.; GREENBLAT-AVRON, Y. Color nets: a new approach for light manipulation in fruit trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 636, p. 609 - 616, Apr. 2004.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia, da planta ao medicamento**. 5ª Ed. Florianópolis: Ed UFRGS, 2004, 821 p.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos Voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia: da Planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS, Florianópolis: UFSC, p. 467-496, 2007.

SOLOMAKHIN, A.; BLANKE, M. The microclimate under coloured hailnets affects leaf and fruit temperature, leaf anatomy, vegetative and reproductive growth as well as fruit colouration in apple. **Annals of Applied Biology**, v.156, p.121-136, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. São Paulo: Nova Odessa, 2005, 640 p.

SOUZA, G.S.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; SANTOS, A. R.; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1843-1854, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 819 p.

VIEIRA, F. A.; GUSMÃO, E. Biometria, Armazenamento de Sementes e emergência de Plântulas de *Talisia Esculenta* Radlk. (Sapindaceae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1073-1079, Jul./Ago. 2008.

CAPÍTULO 2

Caracterização de frutos e sementes e características morfológicas das plantas de *Talisia esculenta* cultivadas sob malhas fotoconversoras

RESUMO

Frutos de *Talisia esculenta* (A.St.-Hil.) Radlk coletados no estado do Ceará foram analisados na Universidade Federal de Lavras quanto às suas características morfológicas. Posteriormente retirou-se o epicarpo e o arilo das sementes, estas foram analisadas quanto à sua composição centesimal. Em outra análise, cortes histológicos foram realizados nos cotilédones do embrião nas sementes, e estes corados com Azul de Coomassie para detectar a presença de proteínas, Cloreto de ferro III para compostos fenólicos, Lugol para amido e Sudan IV para substâncias lipídicas. As secções foram observadas em microscópio Zeiss Standard e, fotografadas. Plantas de *T.esculenta* foram cultivadas sob os telados e, após 180 dias de cultivo, foram mensuradas medidas morfológicas. Em 10 folhas de *T. esculenta*, após 180 dias de cultivo sob as malhas fotoconversoras, foram realizadas secções paradérmicas e transversais para análise anatômica estrutural. A reserva dos cotilédones do embrião foi do tipo amilácea. A malha branca foi favorável para o desenvolvimento das mudas de *T. esculenta*, visto que sob esta malha as plantas apresentaram-se com maior área foliar, maior massa para folha e raiz, enquanto que sob a malha vermelha e azul foi observado maior espessura do parênquima.

Palavras-chave: *T. esculenta*. Morfofisiologia. Malhas fotoconversoras

ABSTRACT

Fruits of *Talisia esculenta* (A.St. Hil.) Radlk collected in Ceará were analyzed at the Federal University of Lavras as for their morphological characteristics. Afterwards, the epicarp and the aryl of the seeds were removed; these were analyzed as to their centesimal composition. In another analysis, histological sections were done in the cotyledons of the seed embryo and these were stained with Coomassie Brilliant Blue to detect the presence of protein, iron chloride III for phenolic compound, Lugol for starch and Sudan IV for lipid substances. The sections were observed under Zeiss Standard microscope and photographed. Plants of *T.esculenta* were grown under the telados an, after 180 days of cultivation, morphological measures were measured. On 10 leaves of *T. esculenta* after 180 days of cultivation under the colored-shade nets, paradermic and cross sections were performed for structural anatomical analysis. The stores of the cotyledons of the embryo were of the starchy type. The white net was favorable for the development of seedlings of *T. esculenta*, since under this net, the plants presented themselves with greater leaf area, greater mass for leaf and root, whereas under the red and blue nets, greater thickness of parenchyma was observed.

Keywords: *T. esculenta*. Morphophysiology. Shading nets

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Talisia* pertence à família Sapindaceae Juss. que é importante representante em regiões tropicais. Possuindo espécies ornamentais e frutíferas, dispersas desde a região amazônica até áreas de cerrado, com hábitos arbustivos e arbóreos (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2003).

A espécie *Talisia esculenta* (A.St.-Hil.)Radlk é comumente encontrada em pomares urbanos. Esta espécie é perene e, produz anualmente moderada quantidade de frutos na forma de drupa. Possuem flores pequenas, pentâmeras, de cor branca a esverdeada, com aproximadamente 5 cm de comprimento e, a floração se dá no período de setembro a dezembro, seguindo a maturação dos frutos de janeiro até março (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2003).

Os frutos são pequenos contendo até duas sementes, sendo ovais quando jovens, de tom amarelo claro até atingirem a maturidade, em que se tornam quase globosos e granulados (VIEIRA; GUSMÃO, 2008; GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2003).

As sementes são alongadas, com a testa avermelhada envoltas em um arilo róseo esbranquiçado, este é comestível de sabor adocicado, o embrião apresenta os cotilédones espessos e superpostos ao eixo embrionário (SOUZA; LORENZI, 2005).

A dispersão da *T. esculenta*, em ambiente silvestre acontece por ornitocoria, servindo de alimento a diferentes aves. E em pomares urbanos, se dá por sementeira (VIEIRA; GUSMÃO, 2008). Os frutos possuem um epicarpo externo rígido, porém quebrável que envolve a semente. Aderido às sementes fica um arilo comestível.

Devido ao fato dos frutos serem dispersos com alto teor de água, as sementes perdem a viabilidade rapidamente, sendo necessária a sementeira destas em até quinze dias da retirada do pericarpo (ALVES et al., 2013). A

germinação da *T. esculenta* ocorre após 15 a 20 dias de semeadura, é do tipo hipógea, na qual os cotilédones permanecem abaixo do solo. Seu desenvolvimento é lento, se tornando produtiva somente aos 10 anos de idade. Após este período, produz flores em cachos nas partes terminais dos caules (SOUZA; LORENZI, 2005). As sementes são utilizadas na medicina popular, são cozidas para tratar doenças nos rins e na região lombar, do epicarpo externo rígido é feito um chá, que é adstringente e é utilizado para problemas intestinais (GUARIM NETO; SANTANA; SILVA, 2003).

Não há para esta espécie adaptação de técnicas e plantio, visando o cultivo (ALVES et al., 2013), além do fato de que na literatura não existem relatos a cerca do cultivo da pitomba em ambientes com diferentes qualidades de luz, o que pode ser encontrado em abundância para outras espécies, medicinais principalmente (OLIVEIRA et al., 2009; HUNSCHE; BLANKE; NOGA, 2010; SOLOMAKHIN; BLANKE, 2010) evidenciando a grande influência que o espectro da radiação solar pode ocasionar em plantas.

Malhas fotoconversoras sempre foram utilizadas para proteger plantações contra excessiva radiação. E ultimamente têm sido usadas de forma a manipular os espectros de luz que possam favorecer determinadas características, já que se sabe que estes interferem na morfofisiologia das plantas (ILIC et al., 2012; BASTÍAS; MANFRINI; GRAPPADELLI, 2012; ENGEL; POGGIANI, 1991).

As variáveis morfológicas são importantes por permitir conhecer a variabilidade de uma espécie. De espécies frutíferas servem como parâmetros para avaliar condições ótimas do desenvolvimento dos frutos. E também permitem identificar e quantificar as variações sofridas decorrentes do ambiente no qual estão as plantas (CARVALHO; NAZARÉ; OLIVEIRA, 2003).

Estudar a estrutura interna dos vegetais auxilia na compreensão de diversos eventos relacionados ao corpo das plantas, através da estrutura das

células, tecidos e órgãos. Principalmente nas folhas que são altamente responsivas a alterações ambientais, as mudanças podem ocorrer na espessura do parênquima paliçádico, na espessura do parênquima esponjoso, na espessura da cutícula da face adaxial, na espessura da cutícula da face abaxial, pois, é neste órgão, que ocorrem algumas das funções primordiais para sobrevivência do vegetal, como síntese de energia, transpiração e trocas gasosas. Além destas funções, as folhas também podem desempenhar a função de proteção, de modo adaptativo e específico, fato que ocorre em diferentes gêneros de plantas (BRANT et al., 2009; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009, SOUZA et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi dividido em duas etapas, primeiramente avaliar as características morfológicas de frutos e morfofisiológicas das sementes de *T. esculenta*. O segundo objetivo foi identificar as diferenças anatômicas e fisiológicas de plantas de *T.esculenta* cultivadas sobre malhas fotoconversoras nas cores azul, branca, preta e vermelha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de janeiro a novembro de 2013, no município de Lavras, Minas Gerais, que situa-se a 21°14'S e 45°00'W GRW, com altitude de 918 m, sul de Minas Gerais, e, segundo a classificação de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb onde há duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro, e outra quente e úmida, de outubro a março (BRASIL, 1992).

Os frutos de pitomba foram coletados em pomares urbanos, no município de Cascavel, região metropolitana de Fortaleza no estado do Ceará, foram envoltos em plástico e armazenados em caixa de papelão forrada com jornal, estes foram transportados em avião, e posteriormente encaminhados ao Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais-UFLA, onde foram analisadas as características morfológicas (Figura 1).

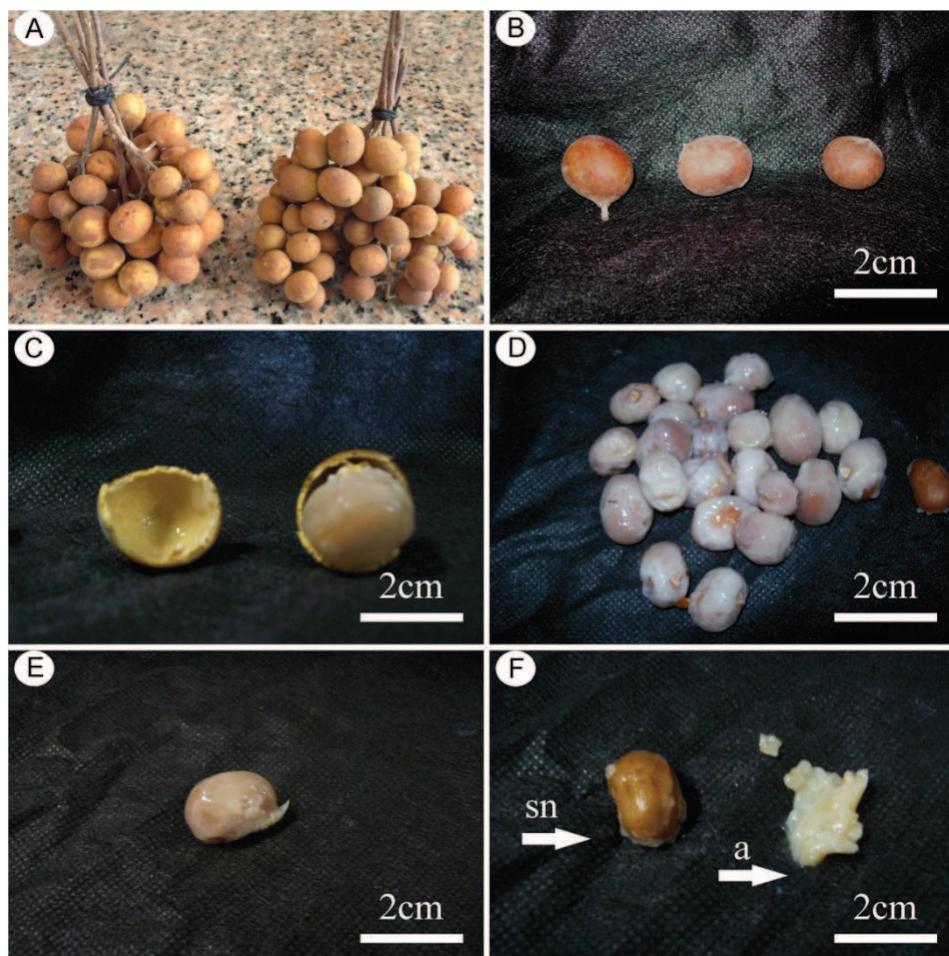


Figura 1: Frutos de *Talisia esculenta* (A.St.-Hil) no cacho (A), as sementes em tamanho diferentes (B), retirado o epicarpo dos frutos (C), sementes envoltas pelo arilo (D) e (E), e semente sem o arilo (E), sn (semente nua) e a (arilo comestível).

2.1 Delineamento experimental - o experimento foi conduzido em duas etapas distintas. Primeiramente 100 (cem) frutos foram analisados quanto as suas características morfológicas. Destes, dez frutos foram retiradas as sementes para serem analisadas quanto a sua composição centesimal e tipo de reserva energética por métodos histoquímicos, em delineamento inteiramente casualizado.

Em segundo momento, o experimento com as malhas foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. Com quatro tratamentos que consistiram em quatro malhas fotoconversoras (azul, branca, preta e vermelha), com dezoito plantas por tratamento. Foram quantificados dados anatômicos e fisiológicos das plantas cultivadas sobre as malhas, e estes foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e, as médias comparadas pelo teste de média Scott-Knott pelo programa SISVAR versão 5.0 (FERREIRA, 2011) a 5% de probabilidade.

2.2 Análises dos frutos e sementes

2.2.1 Análises morfológicas dos frutos de *T. esculenta* - Frutos de *T. esculenta* coletados no município de Cascavel, no estado do Ceará, foram analisados no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais da UFLA. Foi mensurado diâmetro transversal e longitudinal de cem frutos, com auxílio de paquímetro e, foi obtida a massa fresca dos frutos individualmente em balança analítica.

2.2.2 Análises histoquímicas das sementes de *T. esculenta* - Foi realizada no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Para as análises histoquímicas foram utilizadas sementes de pitomba previamente lavadas em água corrente e despoldadas manualmente. Foram realizadas secções à mão livre com auxílio de lâmina de aço e, posteriormente, procedeu-se ao tratamento das secções com diferentes corantes, sendo: o Azul de Coomassie para detectar a presença de proteínas de reserva, Cloreto de ferro III para compostos fenólicos, Lugol para amido e Sudan IV para substâncias lipídicas segundo metodologias propostas por Fischer (1968) para o Azul de Coomassie e Kraus; Arduin (1997) para os demais corantes. As secções foram montadas em glicerol 50%, e o material foi observado em microscópio

Zeiss Standard 25, (Zeiss, Oberkochen, Alemanha) acoplado com câmera digital e, posteriormente, fotografado.

2.2.3 Análise composição centesimal das sementes de *T. esculenta* - Dez frutos foram levados ao Laboratório de Produtos Vegetais, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, para análise da composição centesimal das sementes. No laboratório foram retirados o pericarpo e o arilo, e as sementes foram então moídas e analisadas quanto à porcentagem de umidade, de massa seca, de lipídeos, fibras, cinzas e proteínas. As análises foram realizadas em triplicatas conforme procedimentos da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC.

2.3 Experimento com malhas

2.3.1 Análises de crescimento e desenvolvimento das plantas - De setenta e dois frutos retiraram-se manualmente o pericarpo externo e o arilo que envolve as sementes. As sementes foram lavadas em água corrente e posteriormente em solução de hipoclorito de sódio comercial e água destilada 30%. Mantidas sob agitação constante durante 15 minutos. Em seguida foram semeadas dezoito sementes em substrato inerte (vermiculita expandida) em bandejas de polipropileno para cada tratamento. As bandejas ficaram dispostas ao solo, em ambiente aberto, sob estruturas cobertas com malhas fotoconversoras fornecidas pela empresa Polysack Industries. Os tratamentos consistiram de quatro malhas ChromatiNet® (Figura 2) todas com 50% de transmitância. Segundo o fabricante a tela preta é considerada neutra e não altera o espectro de luz, apenas reduz a radiação; a malha branca reduz acentuadamente a radiação ultravioleta e não interfere no espectro da luz transmitida; a malha azul altera os espectros de luz solar por ela refratados de modo que reduz o espectro vermelho distante e

apresenta pico principal de transmitância em 470 nm (azul); a malha vermelha tem maior transmitância em comprimentos de onda na faixa de 590 a 750 nm (vermelho e vermelho distante) e reduz as ondas de comprimento nas faixas de azul, verde e amarelo.



Figura 2: área do experimento

As sementes foram irrigadas uma vez ao dia, durante todo o tempo de germinação e as plantas por todo o período de avaliação. Aos sessenta dias após a semeadura, as plântulas receberam solução nutritiva, baseada no meio nutritivo formulado por Murashige e Skoog (1962) sem adição de sacarose e ágar.

Após cento e oitenta dias de emergência das plantas, foram avaliados os números de folhas (NF), comprimento da planta do solo ao ápice (CP), comprimento de raiz (CR), massa fresca foliar (MFF), massa fresca raiz (MFR), massa seca das folhas (MSF), massa seca raiz (MSR). Estas características foram mensuradas de sete plantas coletadas em cada tratamento, aos cento e oitenta dias após emergência.

O parâmetro área foliar (AF) foi mensurado por meio de obtenção de imagem digital. Foram analisadas todas as folhas das sete plantas coletadas para análise de crescimento e desenvolvimento sob cada malha. As medições de área foliar foram realizadas através do *Software Image Tool 3.0*. UTHSCSA de livre acesso.

2.3.2 Análise anatômica - Após cento e oitenta dias de emergência das plantas, foram coletadas dez folhas do ápice das plantas de cada tratamento e fixadas em solução de FAA, segundo metodologia de Kraus e Arduim, (1997), (formaldeído P.A, ácido acético glacial P.A e etanol 70%, nas proporções 0,5: 0,5: 9,0).

Para as secções transversais foram realizados cortes na região do terço mediano das folhas, utilizando-se o micrótomo de mesa modelo LPC (Brasil, Belo Horizonte). As secções foram clarificadas em hipoclorito de sódio comercial a 1%, durante três minutos, e lavadas em seguida em água destilada por cinco minutos. Posteriormente, as secções foram coradas com safrablau (Azul de Astra 0,1% e Safranina1%), seguindo a metodologia de Bukatsch (1972) modificada por Kraus e Arduin (1997). Foram montadas lâminas semipermanentes em glicerol 50%. Para cada tratamento foi avaliada uma folha completamente expandida da parte apical da folha de dez plantas diferentes (10 folhas por tratamento) e, para cada folha foram feitas dez lâminas, com dez cortes e avaliados dez campos diferentes por cortes.

Analisou-se a espessura da epiderme na face adaxial (Ead), espessura da epiderme na face abaxial (Eab), espessura do parênquima paliádico (PP), espessura do parênquima esponjoso (PE), espessura do mesofilo (EM), espessura da cutícula da face adaxial (Cad), espessura da cutícula da face abaxial (Cab).

Secções paradérmicas foram realizadas manualmente na superfície adaxial e abaxial das folhas. As secções foram clarificadas e lavadas pelo

mesmo procedimento das secções transversais. Para corar as secções utilizou-se o corante Safranina 0,1% em glicerol 50%. Sendo posteriormente montadas lâminas semipermanentes em glicerol 50%. Para cada tratamento foi avaliada uma folha completamente expandida da região do ápice de dez plantas diferentes, (10 folhas por tratamento), e, para cada folha foram feitas dez lâminas e, avaliados dez campos diferentes.

Analisou-se o número de estômatos (NE), o diâmetro polar dos estômatos (DP), o diâmetro equatorial dos estômatos (DE), densidade estomática (número de estômatos por área em mm², (Den)), o índice estomático (IE), e a funcionalidade estomática (FE) segundo proposto por Castro, Pereira e Paiva (2009), em que se determinam as dimensões das células guarda, considerando o comprimento (eixo longitudinal, entre os dois polos da célula) e largura (eixo transversal, na porção média dos estômatos), quando em vista da superfície epidérmica. Para o cálculo da densidade estomática (DE), índice estomático (IE), e funcionalidade foram utilizadas as fórmulas:

$$DE = \frac{\text{Número de estômatos}}{\text{Unidade de área (mm}^2\text{)}}$$

$$IE (\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de estômatos}}{\text{N}^\circ \text{ de estômatos} + \text{N}^\circ \text{ de cél. epidérmicas}} \times 100 \quad (2)$$

$$F = \frac{\text{Diâmetro polar dos estômatos}}{\text{Diâmetro equatorial dos estômatos}} \quad (3)$$

Todas as secções paradérmicas e transversais foram visualizadas em Microscópio de luz ZEISS Axiolab 10, (Zeiss, Oberkochen, Alemanha), com câmara fotográfica acoplada (ZEISS). Foram fotografados dez campos

diferentes para cada uma das dez repetições em cada tratamento com auxílio do Programa Axion vision 3.0 (ZEISS). E posterior contagem e medições foram realizadas pelo *Software Image Tool 3.0 UTHSCSA*.

2.3.3 Análise ultraestrutural - Amostras constituídas de folhas foram imersas em solução fixadora Karnovsky (1965) (pH 7,2), por 24 horas, sob refrigeração. A seguir, foram lavadas em tampão cacodilato 0,056 M (três vezes), por 10 minutos cada e pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1%, em tampão cacodilato 0,05 M, por 4 horas, em temperatura ambiente. Após este período, as amostras foram lavadas, por três vezes, em água destilada e desidratadas em gradiente de acetona (25%, 50%, 75% e 90%), por 10 minutos e três vezes com 100%, por um minuto cada. Após a desidratação, para a análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV), as amostras foram secas em aparelho de ponto crítico CDP 030, por meio de CO₂ líquido e, em seguida, montadas em stubs para a metalização com ouro. Os espécimes foram observados em microscópio eletrônico de varredura (LEO Evo 040), operando entre 10 e 20 kV. Observou-se toda a estrutura da epiderme adaxial e abaxial de cada folha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dados morfológicos dos frutos

Os frutos de *T.esculenta* apresentaram média de diâmetro transversal 17,8 mm e longitudinal 20,06 mm, enquanto que o peso médio ficou em 24,55 mg (Tabela 1). Guarim Neto, Santana e Silva, (2003) em estudos acerca da germinação de *T. esculenta*, relataram frutos com diâmetro longitudinal de 25,0 mm enquanto nos trabalhos de Vieira e Gusmão (2008) sobre biometria, armazenamento de frutos e emergência inicial de plântulas de *T. esculenta*, o valor médio para o diâmetro longitudinal foi de 32,59 mm e de 26,33 mm para o diâmetro transversal. Tais variações no diâmetro podem ser decorrentes de plasticidade fenotípica, variabilidade genética e mesmo das condições edáficas e climáticas, onde a espécie se desenvolveu. O desenvolvimento de frutos maiores, mais carnosos, ocorre em ambientes com maior disponibilidade de água no ambiente, segundo Tabarelli, Vicente e Barbosa (2003). Os frutos de *T. esculenta* deste trabalho foram coletados em ambiente de cerrado, o que possivelmente explicaria frutos de diâmetros menores. Esta influência da disponibilidade de água pode servir de orientação para um manejo adequado da espécie, visando à produção desta em escala comercial.

3.2 Composição centesimal

As análises de composição centesimal para as sementes revelaram que o teor de umidade foi de 36,12 % do peso em gramas das sementes. O teor de umidade relaciona a quantidade de água retida na semente, o que influencia no seu armazenamento, pois sementes que são armazenadas com alto teor de água

estão sujeitas a perderem a viabilidade de forma mais rápida, se o tempo entre o armazenamento e semeadura for extenso (MARCOS FILHO, 2005).

Da mesma forma, o teor de água é importante fator no momento da germinação, em que as sementes devem estar hidratadas para que ocorra o processo de hidrólise, iniciando a germinação (MARCOS FILHO, 2005).

Com relação ao teor de cinzas, que diz respeito ao resíduo mineral fixo das sementes e a porcentagem de lipídeos, estes foram respectivamente de 1,58% e 0,63%. A porcentagem de cinza é importante uma vez que revela o teor de minerais, entretanto não faz distinção de cada mineral presente, os minerais estão presentes nas atividades enzimáticas das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

O percentual de lipídeos é referente à quantidade de lipídeos presentes nas sementes, constituindo a reserva de carbono. Esta reserva somente é utilizada após uso da reserva principal, o amido. Nas sementes de *T.esculenta* o valor encontrado foi de 63%. Esta baixa porcentagem de lipídeos corrobora o fato de que a reserva energética destas sementes é do tipo amilácea aqui encontrada, evidenciado pelos testes histoquímicos realizados, além de também evidenciar a ausência de compostos fenólicos nas sementes.

A porcentagem de proteína, com valor de 6,18%, está relacionada aos valores de reserva de carbono e de nitrogênio que são mobilizados no início do desenvolvimento das plantas (MARCOS FILHO, 2005). Durante um período curto, mas crítico, até que estas se tornem autotróficas, além de, ser parte dos componentes básicos de toda célula viva, sendo essencial em todas as sementes. Normalmente o teor de proteína em sementes é maior do que lipídeos (MARCOS FILHO, 2005). Resultados encontrados para sementes de *T.esculenta* que apresentaram maior teor de proteína do que lipídeos.

A porcentagem de fibras, de 1,13% encontrada, constitui toda a semente compondo a estrutura das fibras. A matéria seca é a porcentagem de matéria

após secagem completa, ou seja, até a completa desidratação, constituindo todo o restante da semente. Pode-se assim utilizar estes dados como referência para armazenamento destas sementes, como no estudo com *Vigna unguiculata* L. Walp, cultivar BRS-Milênio, popular feijão caupi, realizado por Frota, Soares e Arêas (2008), no entanto a fim de se compor o valor nutricional, análises complementares diferentes devem ser realizadas.

3.3 Análise histoquímica

Os testes histoquímicos das secções tratadas com os corantes evidenciaram a presença de amido nos cotilédones dos embriões das sementes, devido à reação positiva ao teste com Lugol, o que pode classificá-la como semente do tipo amilácea (Figura 3). Os testes para proteínas não foram tão evidentes quanto à presença de amido, e os testes para lipídeos e compostos fenólicos foram negativos para todas as regiões amostradas, o que é também corroborado pela análise da composição centesimal, que identificou alto percentual de proteína e baixo percentual de lipídeos.

O estudo da composição química dos tecidos de reserva das sementes tem sido realizado visando diferentes objetivos, tais como incremento na alimentação humana e/ou animal e também como complemento a estudos de germinação. Embora as sementes de *T. esculenta* não sejam consumidas, tais testes auxiliam no conhecimento de como estas sementes se comportam durante o processo de armazenamento, uma vez que este é influenciado pelo teor dos compostos encontrados. Sabe-se que sementes do tipo amiláceas apresentam maior longevidade quando comparadas às sementes oleaginosas, quando armazenadas sob as mesmas condições (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; BUCKERIDGE et al., 2004). Porém, como na presente espécie a germinação das sementes ocorre entre no máximo 15 a 30 dias após a retirada do fruto,

outros fatores inerentes às reservas químicas estão relacionadas à perda da capacidade germinativa.

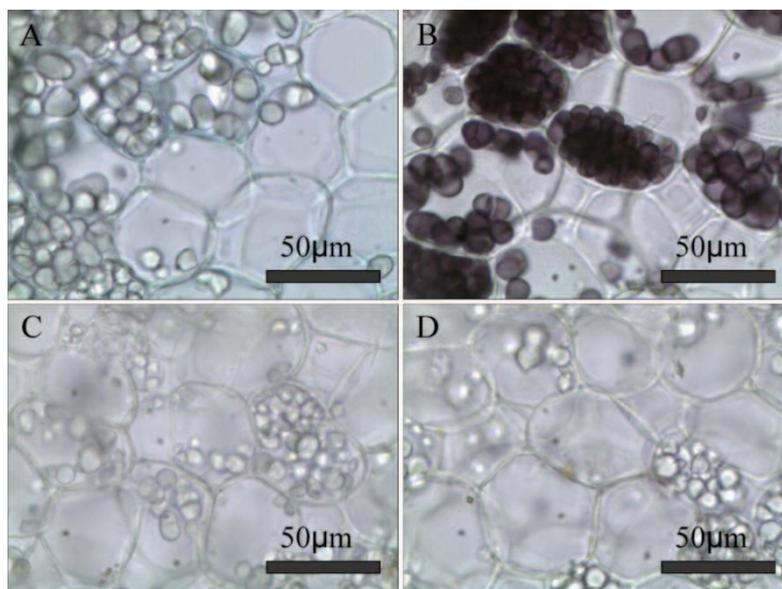


Figura 3: Fotomicrografias de secções transversais do cotilédone do embrião de sementes de *T.esculenta*, evidenciando os resultados dos testes histoquímicos para constatação do tipo de reserva. (A) presença de proteínas de reserva (negativo); (B) presença de amido (positivo); (C) presença de lipídeos (negativo); (D) compostos fenólicos (negativo).

3.4 Malhas fotoconversoras

As plantas sob as malhas fotoconversoras começaram a emergir aos 20 dias após semeadura, sendo consideradas germinadas as plantas com a emissão do primeiro par de folíolos acima do solo. A germinação não foi uniforme para todos os tratamentos, sendo que somente sob a malha branca todas as dezoito sementes germinaram, enquanto que sob a malha azul, preta e vermelha, somente quinze sementes germinaram.

Para as variáveis, número de folhas (NF) e altura da planta (Alt) não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). Já para área foliar (AF), a maior média observada foi para as plantas sob malha branca, seguida das plantas que estavam sob a malha azul. As plantas sob a malha vermelha e preta não apresentaram diferença estatística. O fato de plantas apresentarem maior área foliar está relacionado às condições de ambiente de baixa irradiação, para que assim as plantas possam absorver mais energia luminosa, expondo melhor seu aparato fotossintético (TAIZ; ZEIGER, 2009). A malha branca proporciona uma irradiação baixa devido ao fato de as demais malhas oferecerem 50 % de sombreamento. Além desse fato, as plantas sob a malha branca puderam absorver todos os comprimentos de onda do espectro da luz visível. A malha azul, além dos 50% de sombreamento, oferece para as plantas maior absorção de espectros da luz azul.

Estes estudos são contrários aos estudos de Oren-Shamir et al. (2001), trabalhando com *Pittosporum variegatum*, uma espécie ornamental, em que observou que plantas sob malha vermelha apresentavam maior área foliar. Nos estudos com plantas de *Coffea arabica*,

Tabela 1: Análise morfológica das plantas sobre as malhas fotoconversoras.

Trat	Dados morfológicos						
	NF	AF (mm ²)	Alt (cm)	CR (cm)	MFF (g)	MSF(g)	MFF
Branca	3,13 a	10,75 a	8,74 a	14,17 b	0,62 a	0,26 a	3,47
Preta	2,94 a	7,33 c	8,42 a	17,85 b	0,23 b	0,11 b	1,72
Vermelha	2,89 a	8,55 c	8,04 a	23,42 a	0,29 b	0,11 b	1,96
Azul	2,84a	9,25 b	8,11 a	12,64 b	0,28 b	0,07 b	1,26
CV %	7,26	15,15	18,35	29,14	50,49	65,15	41,5

Médias analisadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, as médias seguidas pela mesma letra na coluna representam diferenças não significativas a 0,05 de significância.

realizado por Henrique et al. (2011), os pesquisadores encontraram menor área foliar para as plantas cultivadas sob malha branca. Espécies de sol, como a *T. esculenta*, apresentam menor área foliar para proteger o aparelho fotossintético e evitar a perda excessiva de água e a fotoinibição (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Entretanto sob as malhas branca e azul, apresentou maior área foliar, esta maior área pode ser uma adaptação da espécie. Assim como *Melissa officinalis*, nos estudos de Brant et al. (2009), em que não houve diferença na área foliar para os tratamentos com as malhas fotoconversoras.

As maiores médias encontradas para massa fresca foliar (MFF), para massa fresca da raiz (MFR), assim como a massa seca da folha e massa seca da raiz (MSF e MSR), foram para as plantas que estavam sob o tratamento da malha branca (Tabela 2). De acordo com estes resultados (Tabela 2), as plantas sob malha branca foram as que apresentaram maior crescimento e desenvolvimento em resposta a variação espectral. Resultados diferentes dos estudos de Matsuda et al. (2008) com outra espécie, o espinafre, e contrário também aos estudos de Nascimento et al. (2014) com outra espécie *Copaiifera langsdorffii* Desf, em que a maior média para massa seca foliar e massa seca da raiz foram encontradas para as plantas sob malha vermelha. A malha vermelha permite as plantas absorverem fótons de comprimento de onda, o que favorece a atividade dos pigmentos fotossintetizantes, e em um resumo do processo fotossintético, no final, há também maior produção de fotoassimilados. Sendo desta forma comumente encontrada para plantas sob malha vermelha, maior massa para a folha e raiz (NASCIMENTO et al., 2014; TAIZ; ZEIGER, 2009; OREN-SHAMIR et al., 2001). No entanto este fato não foi observado para as plantas de *T.esculenta*, que apresentou maior acúmulo de massa em plantas sob a malha branca. Enquanto que a altura da planta não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2), para a raiz foi observada a maior

média de comprimento para as plantas que estavam sob o tratamento da malha vermelha.

Sendo somente o nível de sombreamento que influi neste aspecto, como apresentado por Brant et al. (2009) em estudos com *M. officinalis*. Já Oren-Shamir et al. (2001) trabalhando com plantas de *Pittosporum variegatum*, verificaram maior percentual de ramos de maior comprimento para plantas sob malha vermelha em relação às malhas azul ou preta. Variações estas que podem ocorrer devido à condição genética da espécie. Segundo Colón-Carmona et al. (2000), determinados genes medeiam as respostas de fotorreceptores, assim cada espécie responde de modo diferente a alterações nos espectros luminosos, estando relacionado a sua resposta plástica.

3.5 Dados anatômicos

As folhas de pitomba apresentam epiderme unisseriada, com células de parede pouco sinuosa e a folha é caracterizada como hipoestomática. Estas características também foram encontradas para *Sapindus saponaria* L., saboneteira de macaco, nos trabalhos de Albiero, Bacchi e Mourão (2001), assim como em *Cupania vernalis* Cambess., nos estudos de Mundo e Duarte (2009), em que eles confirmam ser esta uma característica da família.

Os estômatos de *T.esculenta* são do tipo anomocítico, porque é construído por estômatos que não apresentam células subsidiárias (APPEZATO-DA-GLÓRIA; CARMELO-GUERREIRO, 2003). Os estômatos estão posicionados no mesmo nível das células epidérmicas. Esta característica também foi encontrada para *Sapindus saponaria* nos estudos de Albiero, Bacchi e Mourão (2001).

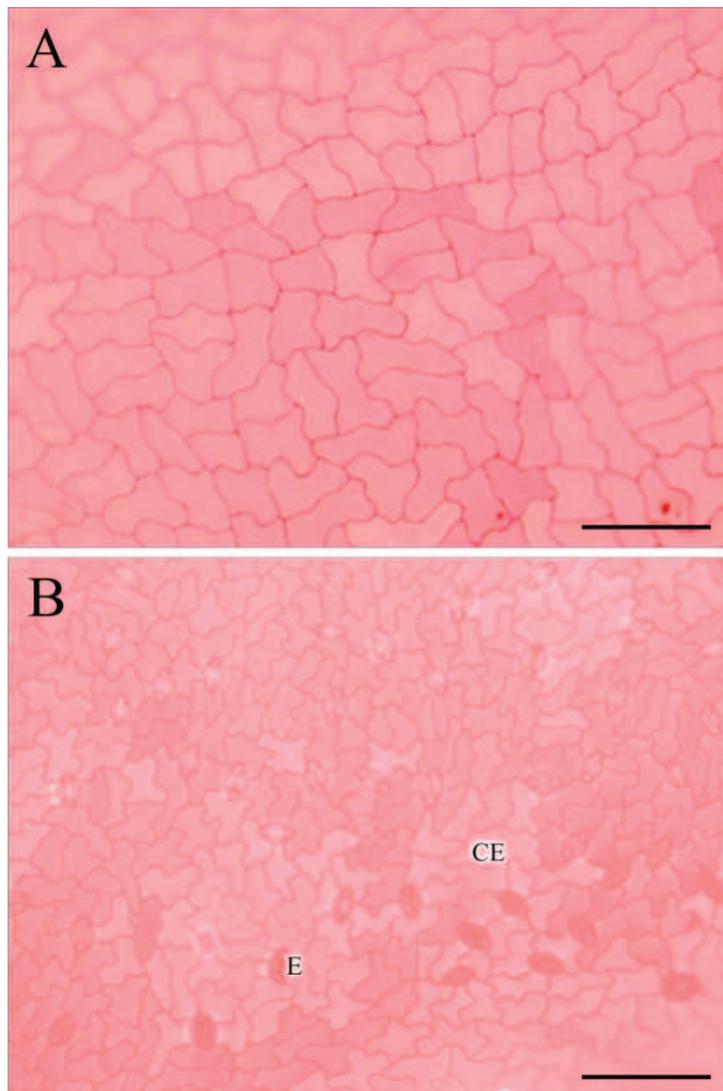


Figura 4: Fotomicrografias de *T. esculenta*, em secções paradérmicas, (A) face adaxial sem estômatos e (B) face abaxial da epiderme com estômatos. E - estômatos, CE - Células epidérmicas. Escala: Barra= 10 µm.

Outra característica das folhas de *T. esculenta*, é que estas são do tipo dorsiventral, com parênquima paliçádico uniestratificado e apresenta parênquima esponjoso. Esta característica, do parênquima paliçádico apresentar

somente uma camada de células se manteve para as plantas sob todas as malhas (Figura 5).

O desenvolvimento de mais camadas de células do parênquima ocorre por uma resposta da planta às condições de irradiação luminosa do ambiente (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). O aumento na camada de células se dá para proteção contra o excesso de radiação. Condição típica de plantas de ambiente de alta irradiação. Neste trabalho, pode-se inferir que alterações no espectro não foram capazes de induzir na espécie *T. esculenta* o desenvolvimento de mais de uma camada de tecido parenquimático. Sob todas as malhas, as plantas se mantiveram com o mesmo número de camada de parênquima paliçádico, pois todas estavam sob a mesma condição de sombreamento. Condição esta que também não diferenciou a espessura da epiderme seja da face adaxial ou da face abaxial. O espessamento da epiderme também está diretamente relacionado à intensidade da radiação, condição esta igual para todas as malhas.

Já nos trabalhos de Nascimento et al. (2014), foi observada diferença significativa para as plantas de *Copaifera langsdorff* L. sob as malhas fotoconversoras, iguais a deste experimento. Neste trabalho o autor verificou que as mudas sob malha vermelha apresentaram maior espessura da epiderme adaxial, já na face abaxial a maior espessura foi observada em plantas sob malha azul. Nas condições deste experimento, tais alterações na espessura da epiderme não foram observadas para *T. esculenta*.

Analisando-se a espessura da cutícula da face adaxial e abaxial, a maior espessura para ambas foi encontrada em plantas de *T. esculenta* cultivadas sob a malha azul, enquanto que a menor espessura da cutícula de ambas as faces foi observada em plantas cultivadas sob malha vermelha. Possivelmente, esses resultados são derivados do fato de que os comprimentos de onda refratados sob a malha azul estarem relacionados a maior radiação ultravioleta em comparação

com as demais malhas. O desenvolvimento desta cutícula mais espessa foi para fotoproteção dos tecidos, enquanto que sob a malha vermelha foi apresentado a menor espessura, devido haver acréscimo de comprimentos de onda referentes ao infravermelho (OREN-SHAMIR et al., 2001).

Quanto à espessura do parênquima paliçádico (Tabela 3), este não teve espessura diferente para as plantas submetidas às malhas branca, vermelha e azul, apresentando menor espessura em plantas sob malha preta. Os resultados aqui encontrados (Figura 6) assemelham-se com os observados para *Copaifera Langsdorffi* (NASCIMENTO et al., 2014) em que não houve diferença para o parênquima paliçádico das plantas sob todas as malhas coloridas. Entretanto *T. esculenta* teve diferença no parênquima esponjoso, em que plantas cultivadas sob malha vermelha e branca apresentaram maior espessura.

Os aumentos em espessura do parênquima esponjoso sob malha branca e vermelha foram semelhantes aos resultados encontrados para *Copaifera Langsdorffi* (NASCIMENTO et al., 2014) em que se observou um aumento no comprimento das células do parênquima paliçádico para as plantas sob malha vermelha. Estes aumentos podem ser uma resposta da planta aos comprimentos de onda absorvidos. De forma que sob estas malhas, as plantas necessitaram investir em aumento do parênquima esponjoso, devido à maior radiação presente no interior da folha, com tecido mais espesso, maior absorção de fótons, afetando a fotossíntese positivamente.

Maior espessura total da folha foi observado para plantas sob malhas branca e vermelha. A maior espessura total para estas malhas é devido à maior espessura do parênquima esponjoso e paliçádico. Diferentemente de Souza et al. (2010) e Martins et al. (2009), que nos seus estudos encontraram maior espessura dos tecidos do mesófilo para plantas sob malha azul. Assim sob a malha branca houve maior espessura do parênquima paliçádico, maior espessura do parênquima esponjoso e maior espessura total da folha. As plantas que

estavam, portanto sob a malha branca, apresentaram maior eficiência para aproveitar melhor a radiação direcionada à eficiência fotossintética, sendo nos tecidos do mesofilo que ocorre a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Ao se analisar o diâmetro polar das células do metaxilema (DMX) (Tabela 3) verifica-se para malha branca, preta, e vermelha que não houve diferença estatística, enquanto que as plantas cultivadas sob malha azul apresentaram células do feixe vascular com maior diâmetro (Figura 5 a), contrário aos estudos com *C. landsdorffi* (NASCIMENTO et al., 2014). Nos estudos de Nascimento, os maiores diâmetros (DMX), foram observados para plantas cultivadas sob malha preta. Neste trabalho, os pesquisadores afirmam que sob menor intensidade luminosa, houve menos deposição de fibras, o que possibilitou o maior desenvolvimento das células do metaxilema.

Enquanto neste trabalho, para o número de células do metaxilema não se observa diferença entre os tratamentos. Os espectros de luz refratados sob a malha azul favorecem a resposta das plantas, pois o espectro transmitido por ela favorece a abertura dos estômatos, devido aos criptocromos presentes que respondem à luz azul. Assim maior taxa de fotossíntese pode ser obtida, necessitando de maior aporte de água e desse modo é necessário maior número de feixes (TAIZ; ZEIGER, 2009). Entretanto não foi observada diferença para o número de células do metaxilema para as plantas sob todas as malhas.

Tabela 3: Espessura dos tecidos e do mesofilo foliar de *Talisia esculenta*, pitomba, cultivada sob diferentes malhas foliares.

Malhas	Cad	Cab	PP	PE	ET	Ead	Eab	DMX
Branca	3,271b	5,795b	55,75 ^a	59,33 ^a	141,39a	15,207a	11,101 ^a	4,035 ^a
Preta	2,893c	5,206b	47,36 ^b	53,97b	124,41b	13,797a	9,281 ^a	4,117 ^a
Vermelha	2,868c	4,297c	52,89 ^a	62,64 ^a	142,04a	15,773a	10,711 ^a	3,848 ^a
Azul	3,487 ^a	8,084a	55,29 ^a	50,53b	130,48 ^b	14,124a	10,528 ^a	3,267 ^b
	10,80	22,98	12,83	18,89	9,95	20,15	25,74	16,84

Cutícula da face adaxial (Cad), cutícula da face abaxial (Cab), epiderme na face adaxial (Ead), epiderme na face abaxial (Eab), espessura do limbo total (ET), espessura do parênquima paliçádico (PP), parênquima esponjoso (PE), diâmetro do metaxilema da folha (DMX) e número de células do metaxilema (NMX). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott 5% de significância.

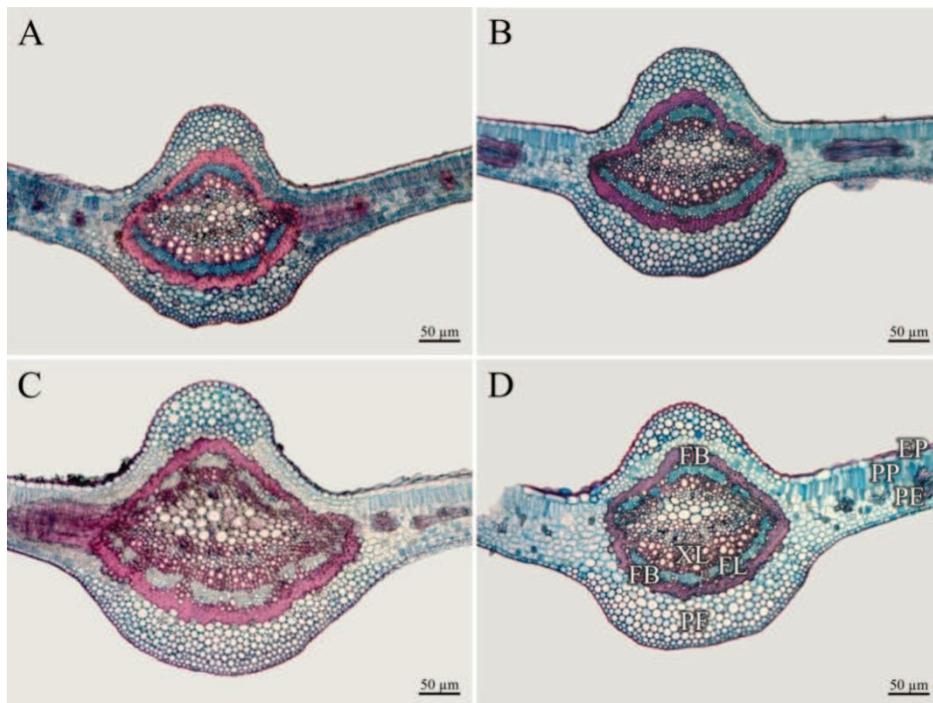


Figura 5: Fotomicrofotografias de *T. esculenta* em secção transversal, a nervura central em A (malha branca), B (malha preta), C (malha azul), D (malha vermelha). FB - Feixe de fibras vasculares, Xi - Xilema, FL – Floema, PE - parênquima esponjoso, PP - parênquima paliçádico, FV - feixe vascular, EP - Epiderme

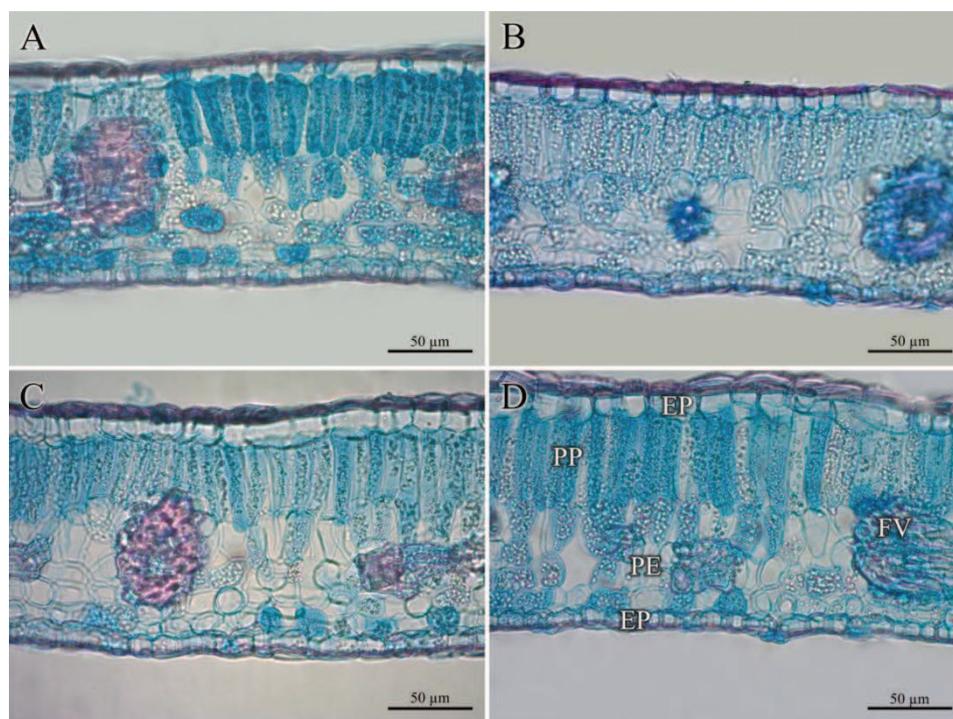


Figura 6: Fotomicrofotografias de *T. esculenta* em secção transversal do mesofilo foliar A (malha branca), B (malha preta), C (malha azul) e D (malha vermelha). FB - Feixe de fibras vasculares, Xi - Xilema, FL - Floema, PE - parênquima esponjoso, PP - parênquima paliçádico, FV - feixe vascular, EP - Epiderme,

Os estômatos são altamente responsivos a luminosidade, assim como para a densidade estomática que diz respeito ao número de estômatos por área (mm^2) (Tabela 4). Resultados consonantes com o trabalho de Martins et al. (2009), que encontrou maior número de estômatos na face abaxial para a malha vermelha, para *Mikania glomerata* Spreng, popular guaco.

Tabela 4: Avaliação dos estômatos de plantas de *T.esculenta* cultivadas sobre malhas fotoconversoras.

Malhas	NE	DP	DE	Den	FUN	IND%	NCE
Branca	24,61 c	14,79 a	4,44b	382,89c	1,45b	13,85c	152,89c
Preta	28,31 b	13,22 b	4,72 ^a	440,49b	1,63 ^a	15,01b	159,82b
Vermelha	30,44 a	13,29 b	4,67 ^a	473,60a	1,58 ^a	16,11a	158,79 b
Azul	29,14 b	12,65 b	4,49b	453,43b	1,53b	14,54b	171,08a
CV%	16,30	19,31	6,25	16,30	21,10	14,46	6,74

Índice estomático em porcentagem (IND), número de estômatos (NE), densidade estomática (DEN), diâmetro polar equatorial (DE) e funcionalidade (FUN) dada pela DP/DE para secções paradérmicas de *Talisia esculenta* sobre malhas fotoconversoras. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

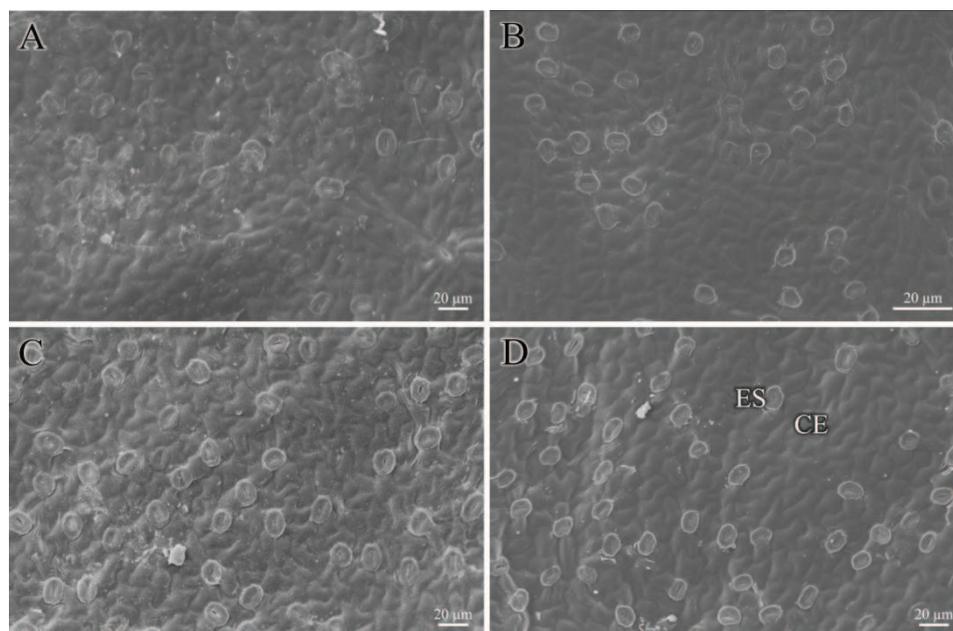


Figura 6: Eletromicrografias de varredura da epiderme da face abaxial da folha de *T.esculenta* sob as diferentes malhas fotoconversoras: (A) malha branca, (B) preta, (C) azul e (D) vermelha, evidenciando os estômatos, em A e C presença de cera epicuticular.

A característica funcionalidade estomática dada pela divisão do diâmetro polar do estômato pelo equatorial, teve maior média para a malha preta, seguida da malha vermelha. E as menores médias foram observadas para as plantas sob malhas branca e azul. A característica de apresentar estômatos mais elipsoides pode resultar em maior funcionalidade. Assim as plantas que estavam sob malha preta apresentaram estômatos mais funcionais, de acordo com os cálculos, o que facilitaria a abertura dos poros estomáticos na captação de gás carbônico de acordo com Castro, Pereira e Paiva (2009). Diferenças entre as malhas em relação à característica funcionalidade revelam a plasticidade anatômica da *T. esculenta* em função do ambiente de cultivo. Variações nos itens avaliados nas seções paradérmicas das folhas da pitomba, principalmente em relação aos estômatos evidenciam a capacidade que as plantas possuem de rearranjar essas estruturas da epiderme em resposta às modificações ambientais. Essa capacidade

adaptativa da espécie faz com que ocorra maior atuação dos estômatos nas trocas gasosas e transpiração, de forma adequada (ROSSATTO; HOFFMANN; FRANCO, 2009).

O índice estomático (Tabela 4) que revela o quanto a planta investiu na produção dos estômatos, mostrou que o maior valor foi encontrado para malha vermelha, resposta esta ao comprimento de onda, de modo que a planta tende a assegurar uma eficiente taxa de troca gasosa, influenciando diretamente na fotossíntese. Isto é devido ao fato de que sob a malha vermelha houve, portanto maior temperatura, pois o investimento em número de estômatos é para haver menor transpiração, evitando-se assim a perda excessiva de água (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Nos trabalhos de Martins et al. (2009) o maior número de estômatos também foi observado para as plantas de *Mikania glomerata* Spreng, guaco, cultivadas sob a malha vermelha. Os autores afirmam que as plantas são mais responsivas aos comprimentos de onda correspondentes à faixa da luz vermelha. Sob a malha vermelha, houve um acréscimo de comprimentos de onda da região do infravermelho, o que provocou um aumento na temperatura que favoreceu uma maior densidade estomática. Esta maior densidade é para otimizar os processos de trocas gasosas e transpiração.

Quanto à funcionalidade (Tabela 4) destes estômatos, dada pela divisão do diâmetro polar pelo diâmetro equatorial dos estômatos, as maiores médias observadas foram para as plantas sob malhas preta e vermelha, revelando que nestes tratamentos, os estômatos se apresentam mais elípticos, o que facilitaria a abertura dos poros estomáticos na captação de gás carbônico.

Para o índice estomático, que revela o quanto das células epidérmicas se diferenciaram em estômatos, observou-se que a malha vermelha influenciou as plantas de *T.esculenta* que apresentaram maior investidura por parte da planta, em estômatos. Houve, portanto sob a malha vermelha maior enriquecimento dos

comprimentos de onda na região do infravermelho, o que favorece o aumento da temperatura, por isso houve maior densidade estomática de modo a haver menor transpiração e assim perda de água. Os estômatos também foram menores justamente onde houve maior densidade estomática, sob a malha vermelha.

CONCLUSÕES

As análises morfológicas das sementes demonstraram que as espécies respondem às condições ambientais a que estão expostas, pois os frutos deste experimento apresentaram tamanhos e massa média diferente de outros trabalhos com frutos coletados em outras regiões.

A reserva nutricional das sementes é do tipo amilácea localizada nos cotilédones.

Em se tratando de malhas fotoconversoras, a malha branca foi a melhor para desenvolvimento e crescimento de *T.esculenta*, pois estas plantas apresentaram maior comprimento, maior área foliar, maior número de folhas, maior massa fresca e seca para folhas e raiz, maior espessura do parênquima paliçádico e esponjoso e da espessura total, o que influencia positivamente na fotossíntese.

A malha vermelha aumentou os comprimentos de onda na região do infravermelho, de modo que as mudas de *Talisia esculenta*, apresentaram maior densidade estomática e maior número de estômatos, devido à maior temperatura sob esta malha, dada pelos comprimentos do infravermelho. Enquanto que a malha azul, aumentou comprimentos de onda referentes ao ultravioleta intensificando a radiação, de modo que as plantas sob esta malha tiveram um aumento da espessura da cutícula das plantas e ao mesmo tempo proporcionou o menor diâmetro das células do metaxilema.

A temperatura sob as malhas fotoconversoras não foram alteradas significativamente a ponto de influenciarem o espessamento da epiderme de *T. esculenta*.

REFERÊNCIAS

- ALBIERO, A. L. M.; BACCHI, E. M.; MOURÃO, K. S. M. Caracterização anatômica das folhas, frutos e sementes de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 549-560, 2001.
- ALVES, E. U.; SILVA, K. B.; GONÇALVES, E. P.; CARDOSO, E. A.; ALVES, A. U. Germinação e vigor de sementes de *Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk em função de diferentes períodos de fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 761-770, out./dez. 2009.
- ALVES, E. U.; MONTE, D. M. O.; CARDOSO, E. A.; SANTOS-MOURA, S. da S.; MOURA, de M. F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Talisia esculenta* (A. St. –HIL) Radlk em função de profundidades e posições de sementeira. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 328-339, mar./abr. 2013.
- APPEZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa, MG: UFV, p. 1- 438, 2003.
- ARAÚJO, A. G.; MOACIR, P.; MIYATA, L. Y.; CASTRO, E. M.; ROCHA, E. S. Qualidade de luz na biometria e anatomia foliar de plântulas de *Cattleya loddigesii* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2506-2511, set. 2009.
- BASTÍAS, R.M., MANFRINI, L.; GRAPPADELLI, L.C. Exploring the potential, use of Photo-selectiva nets for fruit growth regulation in apple. **Chilean journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, p. 225-231, 2012.
- BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSA, L. F.; ALBIQUERQUE, C. J. B.; FERRI, P. H.; CORRÊA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, mai. 2009.

BRASIL. Normais Climatológicas. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas – 1960-1991**. Brasília, 1992, 84p.

BUCKERIDGE, M. S.; AIDAR, M. P. M.; SANTOS, H. P. dos.; TINÉ, M. A. S. **Acúmulo de Reservas**. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, P. 31-50, 2004.

BUKATSCH, F. Benerkrugen zur doppelfärbung astrablau-safranin. **Microkosmos**, Stuttgart, v. 61, n. 8, p. 255, 1972.

CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; OLIVEIRA, W. M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 25, p. 326-328, 2003.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Ed. FUNEP: Jaboticabal, v. 5, 2012, 590 p.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

COLÓN-CARMONA, A.; CHEN, D. L.; YEH, K. C.; ABEL, S. Aux/IAA proteins are phosphorylated by phytochrome *in vitro*. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 124, n. 3, p. 1728-1738, 2000.

ELAD, Y.; MESSIKA, Y.; BRAND, M.; DAVID, D. R.; SZTEJNBERG, A. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillu lataurica*). **Phytoparasitica**, v. 35, p. 285-299, 2007.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n.1, p. 39-45, 1991.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: sistema para análise de variância de dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 5.0. Lavras: UFLA, 2011.

FISHER, D. B. Protein Staining of Ribboned Epon Sections for Light Microscopy. **Histochemie**, v. 16, p. 92-96, 1968.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Notas Etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Jussieu. **Acta Botânica Brasileira**, v. 14, n. 3, p. 327-334, 2000.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Repertório botânico da pitombeira (*Talisia esculenta* (St.-Hil.) Radlk. - Sapindaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, p. 237-242, 2003.

HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. F. P.; LIVRAMENTO, D. E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 458-465, 2011.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2nd ed., 2004, 512 P.

HUNSCHE, M.; BLANKE, M.M.; NOGA, G. Does the microclimate under hail nets influence micromorphological characteristics of apple leaves and cuticles? **Jornal of Plant Physiology**, v. 167, p. 974 - 980, 2010.

ILIC, Z. S; MILENKOVIC, L.; STANOJEVIC, L.; CVETKOVIC, D.; FALLIK, E. Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 139, p. 90-95, 2012.

KHAN, P. S. S. V.; KOZAI, T.; NGUYEN, Q. T.; KUBOTA, C.; DHAWAN, V. Growth and net photosynthetic rates of *Eucalyptus tereticornis* Smith under photomixotrophic and various photoautotrophic micropropagation conditions. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 141-146, Nov. 2002.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica : Univ.Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997, 198 p.

LIMA JR. E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 33 - 41, jan./fev. 2006.

MACEDO, M. L. R.; FREIRE, M. G. M.; KUBO, C. E.; PARRA, J. R. P. Bioinsecticidal activity of *Talisia esculenta* reserve protein on growth and serine digestive enzymes during larval development of *Anticarsia gemmatilis*. **Comparative Biochemistry and physiology**, Part C, v. 153, p.24-33, 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, 495 p.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; SILVA, A. P. O.; OLIVEIRA, C.; ALVES, E. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 82-87, jan. 2009.

MATSUDA, R.; OHASHI-KANEKO, K.; FUJIWARA, K.; KURATA, K. Effects of blue light deficiency on acclimation of light energy partitioning in PSII and CO₂ assimilation capacity to high irradiance in spinach leaves. **Plant and Cell Physiology**, v. 49, p. 664-670, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/pcp/pcn041>>. Acesso em Jan. 2014.

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica*

caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863-871, 2004.

MUNDO, S. R.; DUARTE, M. R. Caracteres morfoanatômicos de folha e caule de *Cupania vernalis* Cambess., Sapindaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2B, abr./jun. 2009.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.

NASCIMENTO, M. E.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA JR. J. M.; CASTRO, E. M.; SANTOS, F. M. Plasticidade foliar e produção de biomassa seca em *Copaifera langsdorffii* Desf. cultivada sob diferentes espectros de luz. **Revista de Ciências Agrárias: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v. 57, n. 1, p. 41-48, jan./mar. 2014.

OLIVEIRA, M.I.; CASTRO, E.M.; COSTA, L.C.B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisiavulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009.

OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y. E. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v. 76, n. 3, p. 353-361, June 2001.

PINHEIRO, A.Q.; MELO, D. F.; MACEDO, L. M.; FREIRE, M. G.; ROCHA, M. F.; SIDRIM, J. J.; BRILHANTE, R. S.; TEIXEIRA, E. H.; CAPELLO, C. C.; PINHEIRO, D. C.; LIMA, M. G. Antifungal and marker effects of *Talisia esculenta* lectin on *Microsporium canis* in vitro. **Journal of Applied Microbiology**, v.107, p. 2063-2069, 2009.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1987, 284 P.

ROCHA, S. F. R.; MING, L. C.; CHAVES, S. C. M.; SCARDA, F. M. Role of light and phytochrome on *Piper aduncum* L. germination: an adaptive and environmental approach. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, Birmingham, v. 11, n. 3, p. 85-96, 2005.

ROSSATTO, D.R.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Características estomáticas de pares congêneros de cerrado e mata de galeria crescendo numa região transicional no Brasil central. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 499-508, 2009.

SOLOMAKHIN, A.; BLANKE, M. The microclimate under coloured hailnets affects leaf and fruit temperature, leaf anatomy, vegetative and reproductive growth as well as fruit colouration in apple. **Annals of Applied Biology**, v.156, p.121-136, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. São Paulo: Nova Odessa, 2005, 640 P.

SOUZA, G. S.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; ALVESME.; BIAGIOTTI, G.; DEUNER, S. Estrutura foliar e de cloroplastídeos de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 78-80, 2007.

SOUZA, G. S.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; PINTO, J. E. B. P. Características biométricas e fisiológicas de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 4, p. 330-335, 2010. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1453>>. Acesso em Jan. 2014.

TABARELLI, M.; VICENTE, A.; BARBOSA, D. C. A. Variation of seed dispersal spectrum of woody plants across a rainfall gradient in north-eastern Brazil. **Journal of Arid Environmental**, [S.l.], v. 53, p. 197-210, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 819 p.

VIEIRA, F.A.; GUSMÃO, E. Biometria, Armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisia esculenta* Raldk. (Sapindaceae). **Ciência Agrotécnica de Lavras**, v. 32, n. 4, p. 1073-1079, 2008.

CAPÍTULO 3

Efeito das malhas fotoconversoras nas taxas fotossintéticas e no metabolismo secundário de *Talisia esculenta*

RESUMO

A luz é o fator ambiental que interfere diretamente nos processos fisiológicos das plantas. Este trabalho foi realizado com o intuito de se verificar a interferência das malhas fotoconversoras no processo de trocas gasosas e produção de metabólitos que são influenciados pela luz. Duas análises para taxas fotossintéticas e transpiratórias das plantas foram realizadas com analisador de trocas gasosas por infravermelho (IRGA). Análises do teor de pigmento das folhas, bem como o teor de compostos fenólicos, também foram realizadas. Os resultados demonstram que as plantas sob as malhas azul e vermelha tiveram os maiores teores de compostos fenólicos e apresentaram menor teor de clorofila a. Não houve diferença estatística para a fotossíntese sob as malhas. O teor total de pigmentos fotossintetizantes foram maiores para plantas sob a malha preta e teor de fenólicos para as malhas azul e branca. Alto teor de compostos fenólicos nas folhas foi verificado por análise ultraestrutural em plantas sob malhas azul e vermelha, que provocaram um aumento nos comprimentos de onda referentes à luzes ultravioleta e infravermelha.

Palavras-chave: *T.esculenta*. Fotossíntese. Metabólitos secundários

ABSTRACT

Light is the environmental factor that directly affects the physiological processes of plants. This work was carried out in order to verify the interference of colored-shade nets in the processes of gas exchange and production of metabolites that are influenced by light. Two analyses for photosynthetic and transpiration of plants were performed with an infrared gas analyzer (IRGA) . Analysis of the pigment content of the leaves and the content of phenolic compounds were also performed. The results demonstrate that plants under the blue and red nets had the highest contents of phenolic compounds and presented lower content of chlorophyll a. There was no statistical difference for photosynthesis under the net. The total content of photosynthetic pigments was higher for plants under the black net and the phenolic content for the blue and white net. High content of phenolic compounds in the leaves was verified by ultrastructural analysis in plants under the blue and red net, which caused an increase in the wavelengths related to ultraviolet and infrared light.

Keywords: *T.esculenta*.Photosynthesis.Secondary metabolites

1 INTRODUÇÃO

Muito tem se estudado sobre o desempenho das plantas em diferentes ambientes quanto à intensidade luminosa que recebem. Por ser a luz, um fator que interfere na sua fisiologia e, para melhor se adaptar as condições de luz acontecem modificações internas nas plantas de forma que estas mantenham adequadas suas funcionalidades (MORINI; MULEO, 2003).

As malhas fotoconversoras vêm sendo empregadas para realizar pesquisas relacionadas à mudanças no espectro de luz que chega até a planta (COSTA et al., 2010) aumentando ou diminuindo a relação espectral que influencia sobre a fotossíntese, as ondas da luz vermelho/vermelho distante (670/730 nm) e azul (380 nm). Segundo Bastías, Manfrinio e Grappadelli (2012), mudanças decorrentes destes espectros, são as que mais influenciam respostas foto seletivas. Assim, quanto menor a relação vermelho/azul, o efeito pode ser visto no comprimento das folhas, e quanto maior esta relação o efeito pode ser visto no maior acúmulo de pigmentos fotossintetizantes para garantir a realização eficiente da fotossíntese (ILIC et al., 2012).

A alteração no espectro de luz modula a assimilação de CO₂, ou seja, a taxa líquida de fotossíntese devido à modulação na abertura estomática, alteração na produção de NADPH⁺ e ATP na fase fotoquímica. As plantas têm mecanismos moleculares capazes de perceber alterações no espectro e responder a estas alterações, dessa forma as plantas tem mecanismos que percebem principalmente alterações na luz azul, induzindo uma maior abertura estomática e assim uma maior absorção de gás carbônico (PIRES et al., 2011).

Os compostos metabólicos secundários, que não constituem compostos das rotas principais nas plantas, também podem ser alterados a sua produtividade por fatores edafoclimáticos. Um desses fatores que interferem na produção destes compostos é a luz (GOBBO NETO, 2007), sendo estes utilizados como

marcadores de plasticidade da planta. A luz pode desencadear nas plantas a produção de compostos de defesa, como os compostos fenólicos. Destes polifenóis, uma classe de compostos constituídos por um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila são induzidos por excesso de radiação. Para desempenhar uma proteção contra a fotoinibição por degradação dos pigmentos fotossintetizantes, além de serem estes antioxidantes (GUEMES-VERA et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2009).

As alterações na qualidade da luz podem interferir também no acúmulo de reserva nutritiva, no movimento e quantidade de cloroplastos, sendo possível visualizar as alterações nestas estruturas internas por meio de análises de microscopia de transmissão. De acordo com Martins et al. (2010) em estudos realizados com *Ocimum gratissimum* (alfavaca-cravo), estes encontraram maior acúmulo de amido para as plantas cultivadas sob malha azul e menor teor de pigmentos carotenóides que servem como auxiliares na captura do excesso de radiação.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a interferência nos espectros e avaliar as respostas fotossintéticas das plantas a esta alteração, bem como as modificações no processo de produção de pigmentos e compostos fenólicos. Também avaliar como os espectros influenciam o acúmulo de reserva energética nos cloroplastos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de janeiro a novembro de 2013, no município de Lavras, Minas Gerais, que situa-se a 21°14'S e 45°00'W GRW, com altitude de 918 m, sul de Minas Gerais, e, segundo a classificação de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb onde há duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro, e outra quente e úmida, de outubro a março (BRASIL, 1992).

Os frutos de pitomba foram coletados em pomares urbanos, no município de Cascavel, região metropolitana de Fortaleza no estado do Ceará, foram envoltos em plástico e armazenados em caixa de papelão forrada com jornal, estes foram transportados em avião, e posteriormente levados ao Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, onde foi conduzido o experimento com malhas fotoconversoras e realizadas análises fisiológicas.

Retirou-se manualmente o pericarpo e o arilo que envolvia as sementes, que por sua vez foram tratadas em água corrente e solução de hipoclorito de sódio comercial 2% diluído em água destilada 30% e mantidas em frasco sob agitação constante durante 15 minutos. Em seguida foram semeadas em substrato inerte (vermiculita expandida) em bandejas de polipropileno. As bandejas ficaram dispostas diretamente ao solo em ambiente aberto, sob telados cobertos com malhas de 50% de sombreamento nas cores branca, azul (Chromatinet®), vermelha (Chromatinet®) e preta, por um período de 180 dias. De acordo com a empresa, a malha azul reduz ondas na faixa do vermelho e vermelho-distante e acrescenta ondas azuis, enquanto que a malha vermelha reduz ondas azuis, verdes e amarelas e acrescenta ondas nas faixas do vermelho e vermelho-distante. A malha branca não interfere no espectro da luz transmitida e a preta não altera o espectro, apenas reduz a radiação. Temperaturas máximas

e mínimas e fotoperíodo sob os quais os tratamentos foram submetidos variaram de acordo com as condições climáticas de Lavras no período. A irrigação foi realizada diariamente e a adubação foi realizada com solução de meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) sem adição de ágar e açúcar.

A intensidade da radiação foi mensurada por meio de espectrorradiômetro portátil USB-850 RED TIDE, acoplado a uma fonte de radiação eletromagnética DT-MINI (200 a 2000 nm), sonda de reflectância R400-7-VIS-NIR (US Bio Solutions Ocean Optics) realizada no dia 06 de dezembro de 2013, entre 14:00 e 14:30 horas, como observada na figura.

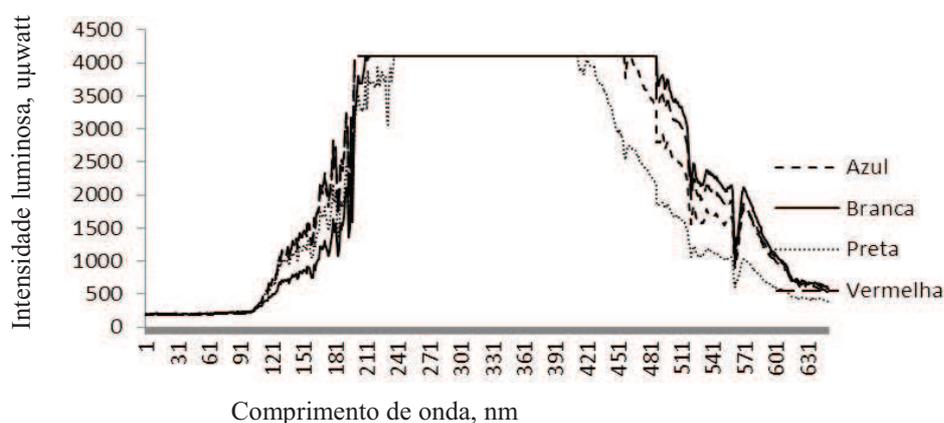


Figura 1: comprimento de onda e as médias de intensidade luminosa sob cada malha foto conversora.

2.1 Análise fotossintética e de trocas gasosas - Aos cento e vinte dias após emergência da planta, foi realizada a primeira análise das trocas gasosas e transpiração com o analisador de trocas gasosas no infravermelho (IRGA), modelo LI-6400XT da Licor e aos cento e oitenta dias a segunda análise das taxas fotossintéticas e transpiratórias das plantas. Para a avaliação dessas variáveis foram selecionadas folhas completamente expandidas do topo, no total de dez plantas por tratamento. As análises foram realizadas a partir das 8h00min,

tendo a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos fixada na câmara do aparelho para $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

2.2 Análise do teor de pigmentos - As análises do teor de pigmento foram realizadas no Laboratório de Produtos Vegetais, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Teores de clorofila a, b e total foram quantificados pela metodologia de Arnon (1949). Foram coletadas três folhas de cada tratamento, aos cento e oitenta dias após emergência das plantas. No momento da coleta, as folhas foram acondicionadas em papel alumínio e refrigeradas em gelo até serem transferidas ao laboratório. Destas folhas, um grama de tecido foliar foi macerado em nitrogênio líquido e colocado em solução de acetona 80%. Em seguida, o material foi centrifugado a 8.000 g, por 15 minutos. O sobrenadante coletado para leitura dos comprimentos de onda em espectrofotômetro BioSystems - modelo BTS-330 em 663 nm para clorofila a e 645 nm para clorofila b, para determinação dos conteúdos de pigmentos foram utilizadas as equações:

$$(1) \text{ clorofila a (micrograma/mL)} = (12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645});$$

$$(2) \text{ clorofila b (micrograma/mL)} = (22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663});$$

$$(3) \text{ clorofila total (micrograma/mL)} = (20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663})$$

2.3 Análise do teor de fenóis - Análise da concentração de polifenóis total foi realizada aos cento e oitenta dias após emergência das plantas. Foi realizado no Laboratório de Produtos Vegetais, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu, metodologia modificada por Denis (ANGELO; JORGE, 2007), em que foram adicionados em balão volumétrico de 20 mL, 1 mL da amostra diluída (1:10) e 10 mL do reagente de Folin-Ciocalteu diluído (1:9) e 8 mL de

Ca₂CO₃ a 75% e depois foi deixado em banho-maria a 50°C por 5 minutos. Foram então tomadas as leituras a 760 nm em espectrofotômetro BioSystems - modelo BTS-330. O branco foi preparado da mesma forma substituindo-se a amostra por água destilada. A curva de calibração foi preparada com ácido pirogálico, com linearidade na faixa de 1g/100mL, com constante de 92,61. As análises foram realizadas em triplicata.

2.4 Análise ultraestrutural - Amostras constituídas de folhas diminutas com dimensões de 0,5 a 1 mm foram imersas em solução de glutaraldeído (2,5%) e paraformaldeído (2,5%) em tampão cacodilato pH 7,0, 0,05M+CaCl₂ 0,001M por quatro horas em temperatura ambiente e, foram lavadas em tampão cacodilato três vezes de 10 min para retirar os resíduos de glutaraldeído que podem reduzir o tetróxido de ósmio, pós-fixados em tetróxido de ósmio 1% em tampão cacodilato 0,1 M por 1 hora (no máximo 4 horas) à temperatura ambiente em uma capela. Em seguida lavados por duas vezes de 15 min em água destilada, transferidos para solução a 0,5 % de acetato de uranila durante 12h a 4°C e em seguida, lavados novamente em água destilada e desidratados em gradiente de acetona. Em série cetônica crescente (30, 50, 70 e 90%) permanecendo cerca de 10 min em cada, na solução a 100%, é passada por 3 vezes por 10 min cada, e então procede-se a inclusão em resina, em gradiente crescente de Spurr/acetona 30 % (8h), 70 % (12h) e 100 % duas vezes por 24 h cada. E então é incluído em resina Spurr 100% sendo os espécimes montados em moldes e colocados para polimerizar em estufa a 70°C por 48 h. Dos blocos obtidos foram feitas secções semifinas (1µm) e ultrafinas (<100nm), por meio de ultramicrotomo Reichert-Jung. Os cortes ultrafinos foram coletados em grades de cobre cobertos com formvar. As secções foram pós-contrastadas em acetato de uranila, seguido por acetato de chumbo, e examinadas em microscópio eletrônico de transmissão Zeiss - EM 109.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando os resultados encontrados para as características de trocas gasosas de *T. esculenta*, verifica-se que não houve diferenças estatísticas para as variáveis de taxa de fotossíntese líquida, taxa de transpiração foliar, concentração interna de CO₂ e condutância estomática entre todas as malhas. As malhas não interferiram nas respostas da fotossíntese líquida à variação dos comprimentos de onda refratados. (Tabela 1)

Desta forma pode-se inferir que para *T. esculenta*, a modulação dos comprimentos, não promoveram alteração nas trocas gasosas no momento da medição, pois estas alterações são temporárias. Ao verificar a intensidade sob as malhas, observa-se que todas as malhas oferecem um mesmo percentual de transmitância, isto é, as malhas fotoconversoras independentes de suas cores, deixam somente 50% da radiação chegar até as plantas, o que uniformiza a intensidade da radiação. Desta forma as malhas podem ter influenciado o resultado uniforme para as características de trocas gasosas, entretanto as demais características anatômicas avaliadas no capítulo anterior revelaram diferenças em que as plantas sob a malha branca cresceram mais, sendo influenciadas pelos comprimentos de onda. Para a espécie em estudo houve uma plasticidade, adaptando-se ao sombreamento proporcionado pelas malhas.

Plantas sob a malha branca tiveram um aumento na produção de clorofila a, o que gera maior eficiência nos centros de reação da fotossíntese, enquanto as plantas sob a malha azul tiveram um aumento de clorofila b, portanto os comprimentos de onda sob a malha azul, perto dos ultravioletas, geraram a necessidade da planta em se proteger, o que confirma os dados de haver maior espessamento da cutícula de plantas sob a malha azul. Enquanto a menor relação de clorofila a/b também foi observada em plantas sob a malha azul, o que mais uma vez corrobora a necessidade de fotoproteção destas

plantas, enquanto que o maior valor foi encontrado para as plantas sob malha preta, concernente com os trabalhos de Brant et al. (2009).

TABELA 1: Características de trocas gasosas de *T.esculenta* sob malhas fotoconversoras

Malhas fotoconversoras	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E (mmol $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Ci (μmol)	Gs ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Branca	1,895 a	0,560 ^a	253,51 ^a	0,56 ^a
Preta	1,950 a	0,575 a	196,70 a	0,57 a
Azul	1,854 a	0,575 a	296,27 a	0,50 a
Vermelha	1,761 a	0,439 a	221,51 a	0,44 a
CV%	19,96	73,77	56,82	59,79

Taxa fotossíntese líquida (A), taxa de transpiração foliar (E), concentração interna de CO_2 (Ci) $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e condutância estomática (Gs). Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$)

Segundo Taiz e Zeiger (2009) a água é um fator limitante na realização da fotossíntese, pois a disponibilidade hídrica promove a abertura e fechamento dos estômatos, assim a assimilação de CO_2 fica comprometida. Como não houve variação na disponibilidade hídrica para *T.esculenta* cultivada sob as malhas, provavelmente não haveria diferença para a fotossíntese líquida. Tais resultados se assemelham aos encontrados nos estudos de Nery et al., (2011), com *Talisia subalbans* (Mart.) Radlk. Além da abertura dos estômatos (Tabela 1) ser promovida pela disponibilidade hídrica, há também os fatores umidade e temperatura, que foi igual sob todas as malhas, pois também não houve diferença na taxa de transpiração foliar.

A abertura dos estômatos também pode ser controlada pelas respostas destes a luz azul, devido à presença de pigmentos que são responsivos aos comprimentos de onda referentes à luz azul (WHITELAM; HALLIDAY, 2007). No entanto, estas respostas não foram observadas para as plantas de *T.esculenta* cultivadas sob a malha azul, sem diferença para as demais malhas (Tabela 1).

Em trabalhos com café sob diferentes sombreamentos, Henrique et al. (2011) não encontrou diferenças significativas para os teores de clorofilas a, b e total. Já nos trabalhos de Amarante et al. (2007) com macieira, observaram que maior teor de clorofila a e b foi encontrado para macieiras sob telado preto do que a pleno sol. Para este trabalho, plantas de *T. esculenta* tiveram maior teor de clorofila a sob malha branca, em que a luz é difusa e não tem alteração quanto ao comprimento de onda. Enquanto que as plantas que estavam sob a malha azul tiveram menor teor deste pigmento e maior teor de clorofila b, e enquanto que o menor teor de clorofila b para plantas de *T. esculenta* cultivadas sob a malha preta.

Os teores de clorofila b, mais elevados sob a luz azul, provavelmente são devidos a maior necessidade de aproveitamento da disponibilidade de luz nos comprimentos de atividade desta. Já a clorofila b é um pigmento acessório que ajuda na absorção de energia que é transferida para a clorofila a (TAIZ; ZEIGER, 2009), que ocorreu em menor quantidade nas plantas sob malha azul (Tabela 2).

Tabela 2: Teores de pigmentos das folhas sob as malhas fotoconversoras.

MALHA	a ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	b ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Total ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	a/b ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
BRANCA	3,61 a	7,22 b	2,10 c	1,67 a
PRETA	3,37 b	6,07 d	1,79 d	1,70 a
AZUL	3,05 d	8,30 a	8,30 a	1,00 c
VERMELHA	3,29 c	6,50 c	2,33 b	1,51 b
CV%	0,25	1,17	1,85	1,19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O método empregado para análise da presença de compostos fenólicos revelou que, plantas sob as malhas vermelha e azul foram as que mais produziram compostos fenólicos com valores muito próximos, não tendo diferença estatística entre estas. Enquanto que, as plantas cultivadas sob a malha preta tiveram menor teor de fenólicos (Tabela 3).

Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2007), a luz é um dos fatores que influenciam a presença e quantidade de compostos fenólicos em plantas, justamente, por serem compostos de proteção contra danos por excesso de radiação, sendo estes antioxidantes não enzimáticos (DAVEY et al., 2000). De acordo com Zengqiang et al. (2010) a luz em excesso é um fator de estresse e decorre em produção de radicais livres, provocando nas plantas a produção de compostos fenólicos. Os comprimentos de onda refratados pelas malhas azul e vermelha, 400-540 nm fazem parte da luz absorvida pelas clorofilas a e b (TAIZ; ZEIGER, 2009). Um dos picos de absorbância destas moléculas ocorre principalmente na faixa dos 400 aos 500 nm, proporcionado pela malha azul, sob a qual as plantas de *T.esculenta* apresentaram maior teor de compostos fenólicos, assim como na malha vermelha. Pode-se inferir que para estas malhas, o excesso de transmitância da luz nestes comprimentos provocou maior atividade das clorofilas, promovendo um estresse a estas, por isso a maior produção de compostos fenólicos para proteção dos pigmentos fotossintetizantes.

Possivelmente plantas sob as malhas vermelha e azul (Tabela 2) sofreram um estresse pelo excesso de comprimentos de onda na faixa de suas atividades, degradando a clorofila a nestas malhas. Ao mesmo tempo, houve maior produção de clorofila b para a malha azul. Pode-se inferir que, possivelmente, os espectros de luz azul favoreceram a produção da clorofila b devido não terem sido absorvidos pelas plantas sob esta malha o que pode interferir na atividade da enzima Fenilalanina amonialiase (PAL) que está envolvida na rota de produção de metabolitos secundários como os compostos fenólicos (GOBBO NETO; LOPES, 2007). O que acarretaria na maior síntese de fenólicos sob as malhas azul e vermelha. Porém estes dados não são conclusivos, uma vez que não foi realizada uma avaliação da atividade enzimática para as plantas sob as malhas fotoconversoras.

Tabela 3: Concentração de compostos fenólicos para folhas de *T.esculenta* sob diferentes sombreamentos.

Concentração de fenólicos	[mg/ml]
Branca	893,188 b
Preta	781,950 c
Vermelha	940,167 a
Azul	925,360 a
CV%	1,40

As médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

As análises ultraestruturais revelaram a contaminação das plantas cultivadas sob malha azul, por microrganismos, impedindo assim a análise destas quanto à quantidade de cloroplastos e grãos de amido. As células da folha de *T. esculenta* sob malha azul, apresentaram-se rompidas, com poucos cloroplastídeos presentes e com algum conteúdo de composto fenólico. As plantas cultivadas sob malhas branca e preta apresentaram maior porcentagem de cloroplastos, entretanto a relação grãos de amido por cloroplastos foi visivelmente maior em plantas cultivadas sob a malha vermelha.

Sob as malhas branca, preta e vermelha, os cloroplastos foram observados próximos a parede celular. Para *T. esculenta* foi observada grande porcentagem de cloroplastos também em células de parênquima esponjoso. No entanto, estudos como contagem de cloroplastos em microscopia de luz, faz-se necessário para melhor elucidar esta distribuição. Dependendo da forma e arranjo dessas células, os cloroplastos podem se dispor paralelamente às paredes celulares do parênquima paliçádico reduzindo os danos pelo excesso de luz (MENEZES et al., 2003).

Nos estudos de Costa et al. (2007) os autores não observaram diferença entre os tratamentos com malhas para área dos grãos de amido de *Ocimum selloi*, alfavaca. No entanto para a trepadeira *Mikania laevigata*, popular guaco,

(SOUZA et al., 2007), observou-se amiloplastídeos e grãos de amido com maior área sob malhas vermelha e azul (Figura 2). No entanto, sabe-se que a luz difusa, proporcionada pela malha branca, pode provocar um efeito redutor na área dos amiloplastídeos, bem como dos grãos de amido, quando comparada as demais.

Os grãos de amido resultam da maior parte da acumulação de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2009). No entanto as taxas para assimilação de carbono para *T.esculenta* sob as malhas fotoconversoras não foram significativamente diferentes para os tratamentos, sendo o comportamento de plantas sob malhas fotoconversoras diferenciado para cada espécie como afirmou Brant et al. (2009).

Tabela 4: Dados de grãos de amido e cloroplastos

	Cloroplastos	Grãos de amido
Branca	1,96 a	1,55 a
Preta	1,96 a	1,20 b
Azul	0,70 c	0 c
Vermelha	1,74 b	1,0 b

Microscopia Eletrônica de Transmissão das plantas de *T. esculenta* cultivadas sob as malhas. Número de estruturas por células e número de grãos por cloroplastos.

Além dos grãos de amido nos cloroplastos, observaram-se em grande número reservas na forma de óleo, estes com aspecto de gotas, bem definidas, para todas as malhas. Plantas de *T.esculenta* sob malha vermelha apresentou maior quantidade desta reserva na forma de óleo em comparação às demais devido a um estresse gerado pela radiação nos comprimentos de onda referente à luz vermelha. Assim como quanto à presença de composto fenólico também foi observada, em grandes vacúolos dentro das células do parênquima paliçádico quanto do parênquima esponjoso para ambas as malhas. Na análise da quantidade de composto fenólico, identificou-se que sob a malha azul e vermelha havia maior teor destes compostos. A alta produção destes compostos pode ser atribuída justamente a um estresse nos pigmentos fotossintetizantes, por aumento da atividade exibida pelo aumento nos comprimentos de onda

fotossinteticamente ativos. No entanto estudos com *Ocimum selloi* Benth, para a obtenção de maior quantidade de óleo essencial, Costa et al. (2010) verificaram que a utilização de malha vermelha ou malha azul não apresentou diferenças estatísticas e que o resultado mais promissor foi o cultivo de plantas em pleno sol, porém para *T. esculenta*, esta resposta fotoseletiva foi diferenciada.

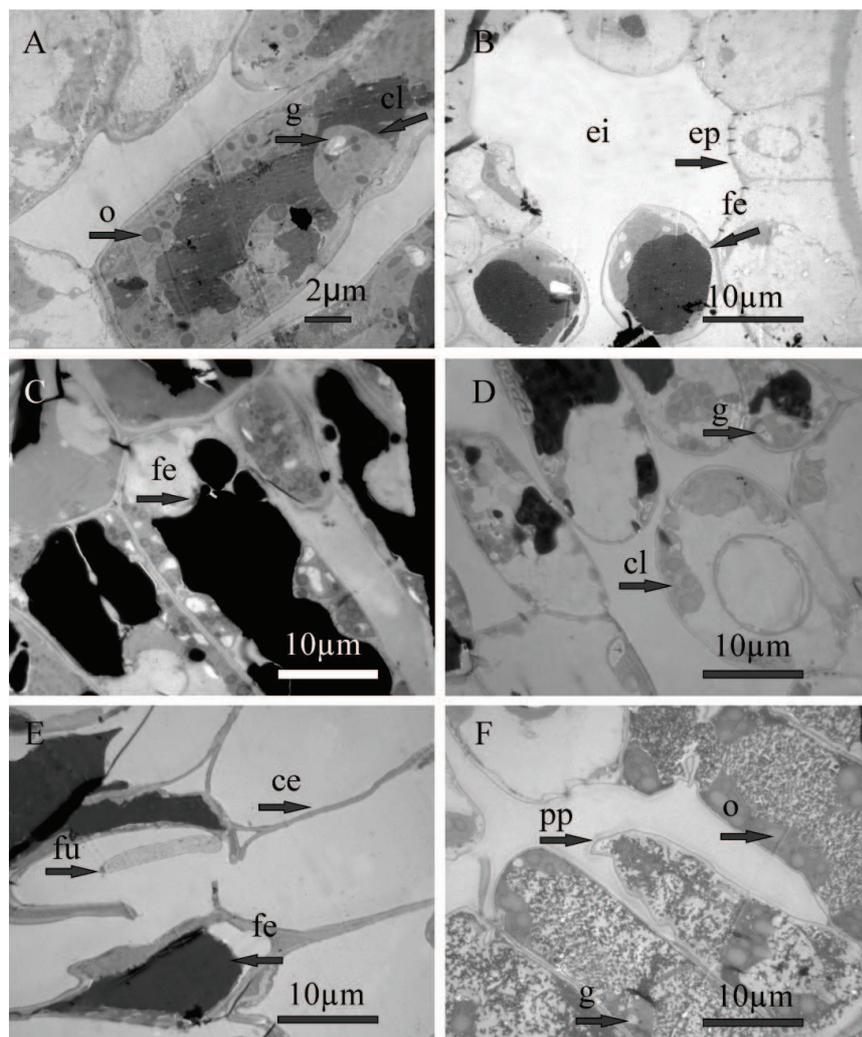


Figura2: Eletromicrografias de transmissão, (A) malha branca, (B) preta, (C) azul, (D) vermelha e (E) malha azul, (F) malha preta, g - grão de amido, CE - célula epidérmica, fu - fungo, fe - composto fenólico, PP - parênquima paliádico, o - óleo em vesículas, ei - espaço intercelular e cl - cloroplasto.

CONCLUSÕES

As malhas não interferiram no processo de fotossíntese de *T.esculenta*. As plantas sob malha branca apresentaram maior concentração de clorofila a e pigmento fotossintetizante sendo que estas plantas apresentaram melhor crescimento e desenvolvimento com maiores médias observadas para espessura total do limbo foliar, maior área foliar permitindo, portanto, maior acúmulo de clorofila. Enquanto que plantas sob malhas azul e vermelha apresentaram maior concentração de clorofila b e também de compostos fenólicos, compostos estes de proteção a excesso de radiação, observado que sob a malha vermelha houve aumento dos comprimentos de onda da região do infravermelho, o que aumentou a temperatura, e comprimentos de onda da região do ultravioleta foram maiores sob a malha azul, o que proporcionou o aumento destes compostos de fotoproteção. Provavelmente estas malhas foram estressantes para as plantas, que apresentaram também maior presença de reserva na forma de gotículas de óleo. E sob a malha azul, houve menor reserva na forma de amido e alta produção de compostos fenólicos, evidentes na microscopia eletrônica de transmissão.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, L. D. O.; COLARES, D. S.; OLIVEIRA, M. L.; ZENZEN, I. L.; BADINELLI, P. G.; BERNARDI, E. Teores de clorofilas em soja associadasimbioticamente com diferentes estirpes de Bradyrhizobium sob alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 906-908, 2007.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplast Polyphenoloxidase in, *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. Rockville, v. 24, n.1, p.1-15, 1949.

BASTÍAS, R. M., MANFRINI, L.; GRAPPADELLI, L.C. Exploring the potential, use of Photo-selectiva nets for fruit growth regulation in apple. **Chilean journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, p. 225-231, 2012.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSA, L. F.; ALBIQUERQUE, C. J. B.; FERRI, P. H.; CORRÊA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, mai. 2009.

BRASIL. Normais Climatológicas. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas – 1960-1991**. Brasília, 1992, 84p.

COSTA, L. C. B.; CASTRO, E. M. de.; PINTO, J. E. B. P.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ROSAL, L. F.; MOREIRA, C. M. Aspectos da anatomia foliar de *Occimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 6-8, 2007.

COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M. de.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ROSAL, L. F. Effects of coloured shade netting on

the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 349-359, 2010.

Disponível em:

<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/fruticultura_2012_13.pdf>. Acesso em 13 jan.2014

DAVEY, M. W.; MONTAGU, M. V.; INZÉ, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS, A.; SMIRNOF, F. N.; BENZIE, I. J. J.; STRAIN, J. J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 825-860, 2000.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. **Revista Química Nova**. V. 30, 2007, 374 p.

GUEMES-VERA, N.; MARTINEZ-HERRERA, J.; HERNANDEZ-CHÁVES, J. F.; YANEZ-FERNANDEZ, J.; TOTOSAUS, A. Comparison of Chemical Composition and Protein Digestibility, Carotenoids, Tanins and Alkaloids Content of Wild Lupinus Varieties Flour, **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 11, n. 8, p. 676-682, 2012.

HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. F. P.; LIVRAMENTO, D. E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 458-465, 2011.

ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; STANOJEVIC, L.; CVETKOVIC, D.; FALLIK, E. Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 139, p. 90-95, 2012.

MA, Z.; LI, S.; ZHANG, M.; JIANG, S.; XIAO, Y. Light intensity affects growth, photosynthetic capability, and total flavonoid accumulation of *Anoectochilus* plants. **Horticultural Science**, v. 45, p. 863- 867, 2010.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; SILVA, A. P. O.; OLIVEIRA, C.; ALVES, E. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 82-87, jan. 2009.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; SILVA, A. P. O.; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40 n. 1, Jan./Feb. 2010.

MENEZES, N.L.; SILVA, D.C.; PINNA, G.F.M. Folha. In: APPEZZATO-DAGLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). **Anatomia vegetal**. Viçosa, MG: UFV, 2003, 438 p.

MORINI, S.; MULEO, R. Effects of light quality on micropropagation of woody species. In: JAIN, S. M.; ISHII, K. (Ed.). **Micropropagation of woody trees and fruits**. Dordrecht: KluwerAcademic, p. 3-35, 2003.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **PhysiologiaPlantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.

NASCIMENTO, M. E.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA JR. J. M.; CASTRO, E. M.; SANTOS, F. M. Plasticidade foliar e produção de biomassa seca em *Copaifera langsdorffii* Desf. cultivada sob diferentes espectros de luz. **Revista de Ciências Agrárias: Amazonion Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v. 57, n. 1, p. 41-48, jan./mar. 2014.

PIRES, M. V.; ALMEIDA, A. A. F.; FIGUEIREDO, L.; GOMES, F. P.; SOUZA, M. M. Photosynthetic characteristics of ornamental passion flowers grown under different light intensities. **PHOTOSYNTHETICA**, v.49, n.4, p.593-602, 2011.

REGO, G. M.; POSSAMAR, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial de jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 179-194, 2006.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; COHEN, Y.; LURIE, S.; STERN, R.; KFIR, S.; NAOR, A.; ATZMON, I.; DORON, I.; GREENBLAT-AVRON, Y. Color nets: a new approach for light manipulation in fruit trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 636, p. 609 - 616, Apr. 2004.

SOUZA, G. S.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; ALVES, M. E.; BIAGIOTTI, G.; DEUNER, S. Estrutura foliar e de cloroplastídeos de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 78-80, 2007.

SOUZA, G.S.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; SANTOS, A. R.; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1843-1854, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 819 p.

WHITELAM, G.; HALLIDAY, K. Light and plant development. species. In: JAIN, S. M.; ISHII, K. (Ed.). Micropropagation of woody trees and fruits. **Oxford: Blackwell Publishing**, 2007.

ZENGQIANG, M. A.; SHISHANG, L. I.; MEIJUN, Z. H.; SHIHAO, J. I.; YULAN, X. I. Light intensity affects growth, photosynthetic capability, and

total flavonoid accumulation of anoectochilus plants **Horticultural Science**, v. 45, p. 863- 867, 2010.