

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**FABIANA SILVA FRAGA**

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PIMENTA MALAGUETA *Capsicum*  
*frutescens* L. (Solanaceae) EM REGIME DIFERENCIAL DE LUZ E SIMULAÇÃO DE  
HERBIVORIA**

**Uberlândia, MG**  
**DEZEMBRO/2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**FABIANA SILVA FRAGA**

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PIMENTA MALAGUETA *Capsicum*  
*frutescens* L. (Solanaceae) EM REGIME DIFERENCIAL DE LUZ E SIMULAÇÃO DE  
HERBIVORIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de  
Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para  
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helena Maura Torezan Silingardi

**Uberlândia, MG**  
**DEZEMBRO/2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**FABIANA SILVA FRAGA**

**GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PIMENTA MALAGUETA *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) EM REGIME DIFERENCIAL DE LUZ E SIMULAÇÃO DE HERBIVORIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Biólogo Arthur Carlos de Oliveira  
Membro da Banca

Biólogo Eduardo Calixto Soares  
Membro da Banca

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helena Maura Torezan Silingardi  
(Orientadora)

**Uberlândia, MG  
DEZEMBRO/2017**

## Sumário

|                                                                            |                                      |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                        | 5                                    |
| 2. OBJETIVOS .....                                                         | 7                                    |
| 2.1 Objetivo geral .....                                                   | 7                                    |
| 2.2 Objetivo específico .....                                              | 7                                    |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS .....                                               | 7                                    |
| 3.1 Espécie vegetal .....                                                  | 7                                    |
| 3.2 Teste de germinação .....                                              | 7                                    |
| 3.3 Área de plantio .....                                                  | 7                                    |
| 3.4 Preparação dos sacos de plantio .....                                  | 8                                    |
| 3.5 Semeadura e disposição dos sacos de plantio .....                      | 8                                    |
| 3.6 Metodologia para responder à questão 1 .....                           | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| 3.7 Metodologia para responder à questão 2 .....                           | 8                                    |
| 3.8 Metodologia para responder à questão 3 .....                           | 9                                    |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                                           | 9                                    |
| 4.1 Emergência das plântulas e desenvolvimento inicial .....               | 9                                    |
| 4.2 Desenvolvimento dependente da condição luminosa no meio do ciclo ..... | 11                                   |
| 4.3 Número de folhas no meio do ciclo .....                                | 12                                   |
| 4.4 Dureza foliar no meio do ciclo .....                                   | 13                                   |
| 4.5 A altura no final do ciclo .....                                       | 14                                   |
| 4.6 Número de folhas .....                                                 | 15                                   |
| 4.7 Número de botões, flores e frutos .....                                | 17                                   |
| 4.8 Força para perfurar .....                                              | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| 4.9 Tricomas aos 60 e 120 dias .....                                       | 19                                   |
| 4.10 Tricomas aos 120 dias relacionados ao dano de herbivoria .....        | 20                                   |
| 5. DIFICULDADES ENCONTRADAS .....                                          | 21                                   |
| 6. CONCLUSÕES .....                                                        | 22                                   |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                        | 23                                   |

## 1. INTRODUÇÃO

A vida na Terra é governada pelo fluxo energético proveniente do Sol que auxilia na fotossíntese das plantas e em diversos outros processos vitais. A radiação solar pode ter efeitos adversos, podendo ser um fator indiferente, um fator condicionante e benéfico ao desenvolvimento das plantas ou um fator fotodestrutivo quando se torna um motivo de estresse. O efeito benéfico ou maléfico dependerá sobretudo da capacidade da planta de absorver a energia proveniente da fonte luminosa, ou seja, o Sol (Kerbaui, 2004). A luz é um dos fatores primordiais quando se trata da germinação de sementes e a resposta germinativa é diferente entre as espécies de acordo com a sensibilidade da semente à luz. Ou seja, a presença ou ausência de luz é um fator importante para promover ou inibir a germinação, e até mesmo influenciar o desenvolvimento da plântula de acordo com a capacidade da semente de absorver e utilizar essa energia (Taiz & Zeiger, 2013).

Durante a germinação da semente, a água também terá grande importância além da luz. O embrião inicialmente apresenta seu metabolismo muito reduzido, com processos fisiológicos ativos, porém muito lentos. Seu metabolismo será ativado pela presença da água e dos nutrientes minerais trazidos por ela, permitindo o desenvolvimento das novas estruturas e o estabelecimento da plântula após algum tempo (Whatley & Whatley, 1982). A plântula então passará a utilizar em maior parte os produtos de reações da fotossíntese, se tornando cada vez mais independente das reservas anteriormente estocadas na semente. Essa independência precoce da planta é vista como um grande benefício para sua sobrevivência e desenvolvimento. No entanto, diferentes locais oferecem diferentes condições luminosas, portanto o conhecimento sobre o comportamento da semente e da plântula frente às diversas intensidades luminosas é um fator indispensável para se escolher o local mais adequado para o cultivo de uma determinada espécie de maneira satisfatória.

Além da iluminação solar, da água e dos nutrientes, também os fatores bióticos presentes no ambiente terão grande influência sobre o crescimento e desenvolvimento do vegetal até a fase adulta (Del-Claro & Torezan-Silingardi, 2011). Por exemplo, a ação dos insetos polinizadores será benéfica para a frutificação (Del-Claro & Torezan-Silingardi, 2011), enquanto que os herbívoros poderão causar sérios prejuízos já que podem danificar praticamente todos os órgãos da planta (Stowe et al., 2000). No entanto, as alterações causadas no desenvolvimento vegetal após a herbivoria também podem incluir o aumento na frutificação e produção de sementes e o aumento da biomassa acima e abaixo do solo, dependendo da espécie vegetal, suas condições de desenvolvimento, do agente causador de dano e da intensidade do dano (Maschinski & Whitham, 1989).

Na época das grandes navegações não somente foi alcançado o descobrimento de novas áreas, mas também foram descobertas novas plantas, entre elas, valiosos condimentos, como as pimentas (Reifschneider, 2000). O cultivo de pimentas hortícolas tem sido feito ao redor do mundo graças à atração emitida por suas particularidades como o sabor, a diversificação, o aroma, os usos

diversos e a pungência (Nascimento, 2014). As pimentas pertencentes à família Solanaceae e ao gênero *Capsicum* tem destaque na riqueza cultural brasileira, utilizadas amplamente na culinária e presentes nas crenças populares e até mesmo na medicina natural ou alternativa (Reifschneider, 2000). O gênero *Capsicum* faz referência ao alcaloide presente em seus frutos e que lhes dá o sabor pungente: a capsaicina (Reifschneider, 2000). Apesar de o Brasil ser considerado o centro de diversidade das pimentas do gênero *Capsicum* e possuir grande variedade de espécies, seu estudo e utilização ainda não é muito explorado.

A pimenta malagueta *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) é uma erva condimentar de porte arbustivo, perene e hortícola (Patro, 2014). É cultivada principalmente para fins alimentares, condimentares, ornamentais e também medicinais, já que possui um alto valor nutricional com três importantes antioxidantes naturais: os carotenoides e as vitaminas C e E (Reifschneider, 2000). Esses antioxidantes atuam na prevenção de doenças degenerativas, cardiovasculares, Parkinson e Alzheimer. As pimentas medicinais, entre elas a malagueta, também proporcionam benefícios à saúde por auxiliar o aumento de sensações de bem-estar e humor, auxiliar a produção de endorfina pelo cérebro, a queda dos níveis de insulina e consequentemente as ameaças de se obter diabetes do tipo II (Fitoterapia, 2015).

Além dos benefícios físicos, a pimenta é um cultivo importante para o agronegócio e a inserção socioeconômica de famílias de baixa renda, uma vez que pode ser cultivada por pequenos agricultores e pela agricultura familiar, podendo ser comercializada processada ou in natura (Nascimento, 2014). Outro ponto importante a ser apontado é o fato que as comidas picantes podem ter relação com o nível de renda da população. Uma população de baixa renda tem menor chance de obter uma dieta saudável e variada, portanto acredita-se que a relação entre comidas picantes e renda tenha a ver com o fato de que 100 g de polpa de pimenta vermelha apresenta em média 21.000 Unidades Internacionais de vitamina A e altas taxas de ácidos constituintes de vitamina C (Figueira, 2003). O que implica que o uso massivo de pimentas pode ter a ver com a necessidade da obtenção mais fácil de vitaminas essenciais, principalmente quando consideramos países com distribuição de renda desigual como Brasil, México, Venezuela e Índia.

Portanto se faz necessário estudar os fatores bióticos e abióticos envolvidos na germinação e desenvolvimento dessas plantas, observando especialmente a condição luminosa mais adequada durante o momento da germinação e qual é o nível de dano que a planta pode suportar antes que seja necessário, economicamente, aplicar inseticidas.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Comparar a emergência e o desenvolvimento de plantas em regime diferencial de luz e de herbivoria simulada.

### **2.2 Objetivo específico**

Os objetivos específicos foram construídos como questões separadas para facilitar o desenvolvimento da pesquisa.

**Questão 1:** Há diferença no tempo médio de emergência dependendo da condição luminosa ambiental?

**Questão 2:** Há diferença no desenvolvimento observado desde a emergência até o meio do ciclo e final do ciclo caso a plântula esteja em pleno sol ou na sombra?

#### **Questão 3:**

O desenvolvimento final do ciclo da planta é influenciada pela simulação de herbivoria e pela luminosidade? Há variação no desenvolvimento de acordo com o nível de dano

## **3.MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Espécie vegetal**

Foram utilizadas sementes comerciais de pimenta malagueta, da espécie *Capsicum frutescens* (Solanaceae) da marca ISLA adquiridas logo antes do início do experimento.

### **3.2 Teste de germinação**

Foi realizado teste de germinação no Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia. A semeadura foi feita em caixas de acrílico previamente limpas com álcool 70%, forradas com duas folhas de papel de germinação e regadas com água destilada. Os resultados foram adequados e as sementes foram levadas para a área de plantio.

### **3.3 Área de plantio**

O plantio e o desenvolvimento das plantas foi realizado na área do viveiro de mudas da Empresa ALGAR TELECOM, localizada na Av. José Andraus Gassani nº 4901, (S 18°52.339'), no Distrito Industrial da cidade de Uberlândia, Minas Gerais. A área possui muitas árvores, uma horta,

um canil e aparelhos para o bem estar dos funcionários, além de uma estufa sombreada e uma área aberta e ensolarada, as quais foram disponibilizadas para o experimento. Tanto a estufa quanto a área aberta receberam um sistema de irrigação automatizado com aspersores que irrigavam os sacos de plantio em dois momentos do dia, as 7 e 18 horas, por cerca de 10 minutos consecutivos, portanto a água não foi considerada um fator limitante para o desenvolvimento.

### **3.4 Preparação dos sacos de plantio**

Sacos pretos de plástico perfurados na base, com conteúdo de aproximadamente dois litros receberam uma mistura de cerca de 1,5 L composta por porções equivalentes de terra, esterco de gado curtido, substrato vegetal e vermiculita. Cada saco de plantio foi numerado.

### **3.5 Semeadura e disposição dos sacos de plantio**

Todas as sementes foram semeadas nos sacos para plantio no mesmo dia (01/06/2016). Metade dos sacos foi colocada dentro da estufa sombreada e a outra metade em uma área de sol pleno com iluminação solar direta. As duas áreas estavam separadas por cerca de 15 m. Foram colocadas 3 sementes em cada saco e posteriormente as plântulas foram desbastadas e as excedentes foram usadas para fazer o replantio em sacos onde não houve germinação ou a plântula morreu. Totalizamos 166 sacos em cada área de pesquisa até o meio do ciclo, com apenas uma planta por saco.

### **3.6 Questão 1 – tempo médio d emergência em função da luz**

A emergência e surgimento do primeiro par de folhas verdadeiras foi acompanhada diariamente, desde o dia do plantio até termos 90% de plantas emergidas do solo e folhas verdadeiras abertas. A observação das sementes foi feita no mesmo período nas duas áreas de plantio. Foi feita a análise estatística pelo teste de Mann-Whitney.

### **3.7 Questão 2 – tempo médio de emergência em função da luz ao longo do tempo**

As plantas foram acompanhadas até o meio do ciclo e final do ciclo nas duas áreas de plantio. Nos casos em que a plântula morreu foi feito o transplante de uma muda nova a partir de outro saco no mesmo ambiente, para que o número amostral não diminuísse. Foi realizada a medição do comprimento da parte aérea e foi quantificado o número de folhas, botões florais, flores e frutos, dureza foliar e tricomas foliares. Foi feita a análise estatística das informações até o meio do ciclo pelo teste de Mann-Whitney para dados não paramétricos, uma vez que os valores foram variáveis. Foi feita a análise estatística até o final do ciclo pelo teste ANOVA.

### 3.8 Questão 3 – desenvolvimento em função da simulação de herbivoria e luminosidade

Nas duas áreas de plantio as plantas foram separadas em três lotes com aproximadamente o mesmo número de indivíduos. O primeiro lote permaneceu intacto, sem danos. O segundo lote teve simulação de herbivoria discreta, onde cerca de 10% da área foliar foi retirada. O terceiro lote teve simulação de herbivoria intensa, com a retirada de cerca de 50% da área foliar. Esse procedimento foi efetuado no mesmo dia para as plantas crescidas na sombra e as crescidas no sol.

Cada planta teve seu comprimento em altura medido, e o número de folhas, botões florais, flores frutos, dureza foliar e tricomas foliares foram quantificados. A medida e as quantificações aconteceram tanto no início do experimento, meio do ciclo e no final do ciclo da planta. A diferença da medida encontrada entre a primeira e a segunda medição foi considerada a variável. Os valores encontrados para a situação de dano discreto, dano intenso e intactas foram comparados entre si pelo teste de ANOVA.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Emergência das plântulas e desenvolvimento inicial

Houve diferença na emergência dependendo da condição luminosa, sendo observado que na área aberta o processo ocorreu antecipadamente (Figura 1). Como a semente da pimenta é considerada fotoblástica positiva, a germinação foi mais rápida no sol, e por apresentar uma leve dormência, a exposição da parte aérea acima do solo demorou cerca de 15 dias na área ensolarada e 18 dias na estufa (Tabela 1).

**Tabela 1** – Teste de Mann Whitney (U=15186.000, P=0,000) para emergência dependente da condição ambiental. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| ESTUFA        | EMERGÊNCIA (DIAS) | SOL          | EMERGÊNCIA (DIAS) |
|---------------|-------------------|--------------|-------------------|
| N of cases    | 145               | N of cases   | 150               |
| Minimum       | 11.000            | Minimum      | 9.000             |
| Maximum       | 27.000            | Maximum      | 23.000            |
| Median        | 18.000            | Median       | 15.000            |
| Standard Dev. | 3.081             | Standard Dev | 2.646             |
| Variance      | 9.491             | Variance     | 7.003             |
| C.V.          | 0.178             | C.V.         | 0.173             |

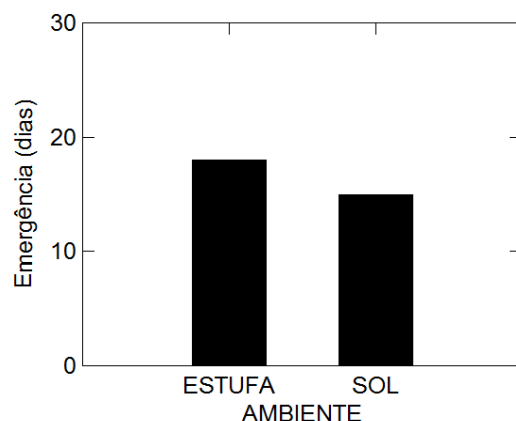


**Figura 1-** Emergência de pimenta na estufa e no sol pleno com barras representando medianas. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

O surgimento do primeiro par de folhas verdadeiras nas duas áreas mostrou diferenças (Figura 2). As primeiras folhas verdadeiras surgiram antes na área ensolarada (Mediana de 24 dias) e depois dentro da estufa (29 dias) (Tabela 2).

**Tabela 2** – Teste de Mann Whitney ( $U=18486.500$ ,  $P=0,000$ ) para surgimento de folhas verdadeiras depeente da condição ambiental. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| ESTUFA       | SURGIMENTO DE FOLHAS VERDADEIRAS (DIAS) | SOL          | SURGIMENTO DE FOLHAS VERDADEIRAS (DIAS) |
|--------------|-----------------------------------------|--------------|-----------------------------------------|
| N of cases   | 141                                     | N of cases   | 148                                     |
| Minimum      | 24.000                                  | Minimum      | 19.000                                  |
| Maximum      | 36.000                                  | Maximum      | 36.000                                  |
| Median       | 29.000                                  | Median       | 24.000                                  |
| Standard Dev | 2.699                                   | Standard Dev | 2.914                                   |
| Variance     | 7.287                                   | Variance     | 8.490                                   |
| C.V.         | 0.093                                   | C.V.         | 0.120                                   |

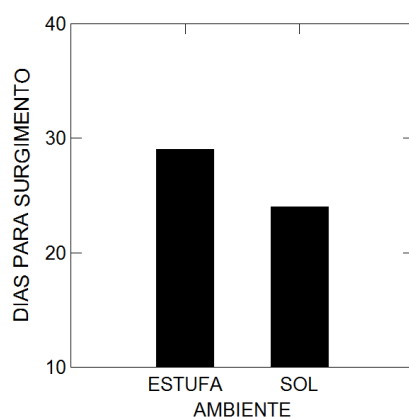


**Figura 2** - Desenvolvimento medido pelo surgimento do primeiro par de folhas da pimenteira ao longo dos dias nas duas áreas de plantio. Barras representando medianas. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

Gerson & Honma (1978) afirmaram que com a pimenta pode ser observado uma emergência e desenvolvimento irregulares, mesmo quando expostas a condições favoráveis. Essa característica pode ser provocada pelo fato de que a pimenta é uma espécie de solanácea que apresenta dormência leve em suas sementes.

Guimarães (2014) concluiu em seu trabalho que sementes pequenas de outras espécies de solanáceas e também de pimenta, necessitam de incidência luminosa para que haja quebra de dormência. Trabalhos realizados com Cubiu (*Solanum sessiliflorum*) provam que a luz influi no processo de germinação e que impedimentos, como a profundidade do solo, podem travar ou retardar o processo.

Para Suzuki e Kerbauy (2006), a luminosidade do ambiente induz o aumento do metabolismo nas sementes de muitas espécies, estimulando o desenvolvimento das estruturas da plântula como a radícula e depois o meristema apical por meio de divisões celulares consecutivas, de modo a desenvolver as primeiras raízes e folhas e permitir o processo fotossintético.

#### 4.2 Desenvolvimento dependente da condição luminosa no meio do ciclo

O desenvolvimento das plantas foi medido no meio e no final do ciclo, aos 53 e 112 dias respectivamente, considerando a altura, e a quantidade de folhas, botões, flores e frutos. O valor médio da altura nas duas áreas foi semelhante (Figura 3) na medição no meio do ciclo, sendo ligeiramente maior no sol pleno e menor na área sombreada na estufa. Isso pode ser explicado pela variedade de pimenta usada apresentar preferência por áreas com grande iluminação solar. No entanto, as plantas desenvolvidas na área sombreada da estufa também apresentaram um bom desenvolvimento, apenas um pouco mais lento. As folhas na estufa apresentaram mediana de crescimento de 6,4 cm, enquanto no sol, o crescimento foi de 9,0 cm de altura (Tabela 3).

**Tabela 3** – Teste de Mann Whitney (U= 6756.000, P=0,000) para altura (cm) dependente da condição ambiental. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| ESTUFA       | ALTURA | SOL          | ALTURA |
|--------------|--------|--------------|--------|
| N of cases   | 165    | N of cases   | 150    |
| Minimum      | 1.200  | Minimum      | 2.900  |
| Maximum      | 13.400 | Maximum      | 20.900 |
| Median       | 6.400  | Median       | 9.050  |
| Standard Dev | 2.576  | Standard Dev | 3.334  |
| Variance     | 6.638  | Variance     | 11.113 |
| C.V.         | 0.386  | C.V.         | 0.360  |

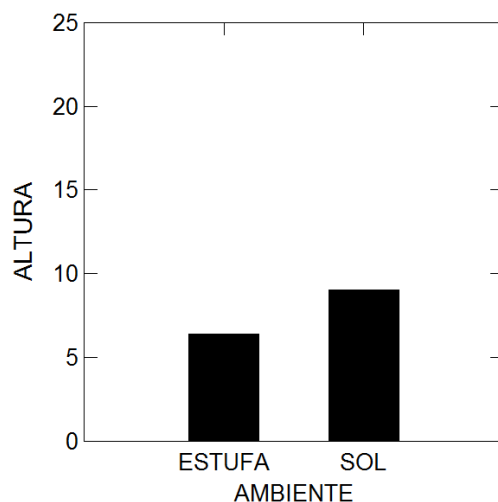


**Figura 3-** Desenvolvimento medido pela altura (cm) da pimenteira no 53º dia após o plantio (meio do ciclo), comparando as duas áreas de plantio; barras representando medianas. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

Para Gazolla-Neto et al. (2013), a luminosidade influenciou no crescimento em altura e plasticidade da planta infestante “Maria Pretinha” (*Solanum americanum*) com plantas mais altas no ambiente sombreado, possivelmente devido ao processo de fotoinibição apresentado pela espécie na área de sol pleno. Fato que não foi observado para a pimenta no presente estudo.

#### 4.3 Número de folhas no meio do ciclo

O resultado quanto ao número de folhas aos 53 dias seguiu o padrão das demais características, sendo o cultivo em sol pleno o de maior desenvolvimento, embora a diferença quanto a mediana não seja muito discrepante (Tabela 4 e Figura 4).

**Tabela 4** – Teste de Mann Whitney (U=9442.500, P=0,000) para número de folhas de dependente da condição ambiental. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| ESTUFA       | NÚMERO DE FOLHAS | SOL          | NÚMERO DE FOLHAS |
|--------------|------------------|--------------|------------------|
| N of cases   | 165              | N of cases   | 150              |
| Minimum      | 1.000            | Minimum      | 1.000            |
| Maximum      | 7.000            | Maximum      | 13.000           |
| Median       | 3.000            | Median       | 4.000            |
| Standard Dev | 1.033            | Standard Dev | 1.956            |
| Variance     | 1.068            | Variance     | 3.827            |
| C.V.         | 0.293            | C.V.         | 0.457            |

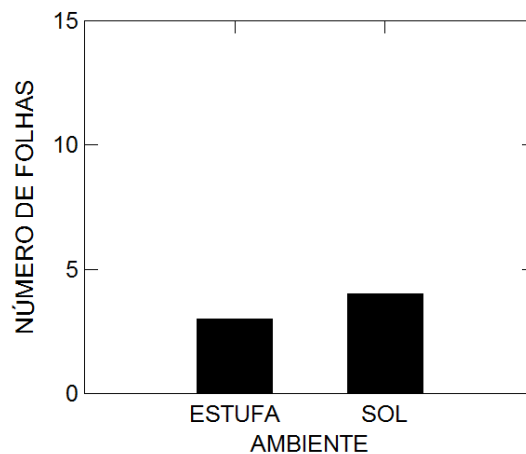


**Figura 4-** Número de folhas no meio do ciclo (53º dia), comparando as duas áreas de plantio. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

O aumento na quantidade de folhas causado pela maior incidência luminosa já foi relatado por Gazolla-Neto et al. (2013) para a Solanaceae “Maria Pretinha” (*Solanum americanum*). Como relatam Radin et al. (2004), o incremento numérico de folhas no sol em relação à sombra pode ser causado pelo efeito da temperatura sobre o desenvolvimento e formação de novas folhas, comportamento observado em ampla gama de espécies de plantas.

#### 4.4 Dureza foliar no meio do ciclo

A dureza das folhas foi medida no meio do ciclo, aos 53 dias após a semeadura com o aparelho de perfuração da marca LUTRON modelo FR-5120. Foi medida a força necessária (Kgf) para perfurar o limbo de 74 folhas. Foram feitas duas perfurações, uma no lado direito e outra no lado esquerdo da nervura principal, sempre em uma folha totalmente expandida e em bom estado. As duas medidas foram usadas para calcular a média da folha, e depois a média considerando a quantidade de luz no local. Foram usadas cerca de 35 plantas de cada área. As medianas entre as áreas se apresentou igual. (Tabela 5, Figura 5).

**Tabela 5** – Teste de Mann Whitney (U=633.000, P=0,000) para dureza de folhas dependente da condição ambiental. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| ESTUFA       | DUREZA | SOL          | DUREZA |
|--------------|--------|--------------|--------|
| N of cases   | 35     | N of cases   | 39     |
| Minimum      | 0.010  | Minimum      | 0.010  |
| Maximum      | 0.035  | Maximum      | 0.055  |
| Median       | 0.025  | Median       | 0.025  |
| Standard Dev | 0.006  | Standard Dev | 0.009  |
| Variance     | 0.000  | Variance     | 0.000  |
| C.V.         | 0.282  | C.V.         | 0.380  |

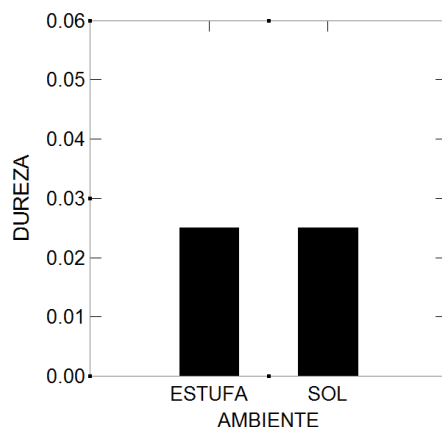


**Figura 5** - Dureza de folhas no meio do ciclo, comparando as duas áreas. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

Trabalhando com plantas de *Artemisia vulgaris* (Asteraceae), Oliveira (2009) evidenciou que as folhas de plantas cultivadas a sol pleno apresentaram maior espessura do limbo foliar, necessitando de maior força para a ruptura ou cisalhamento dos tecidos. Esse espessamento se deve ao aumento dos parenquimas paliçádico e lacunoso que são tecidos de preenchimento da lâmina foliar. Já folhas de plantas acondicionadas em ambiente sombreados podem ser mais finas. O organismo vegetal investe maior energia para produção de clorofila afim de captar mais ativamente a menor quantidade de luz incidente sobre suas folhas dentro da estufa, permitindo uma otimização de captação e utilização dessa energia.

#### 4.5 A altura no final do ciclo

Ao considerarmos todas as plantas dos dois ambientes não encontramos diferença significativa entre as alturas ( $P=0,090$ ) (Tabela 6). Porém, considerando apenas os grupos sem dano (plantas intactas), as plantas do ambiente ensolarado foram significativamente mais altas que as da sombra (Figura 6). Quanto às plantas usadas para a simulação de herbivoria, tanto as com 10 e com 50% de dano, não houve diferença estatística significativa na altura quanto ao local de desenvolvimento, mesmo assim as da estufa foram ligeiramente mais altas.

**Tabela 6** – ANOVA para crescimento em altura no final do ciclo relacionado ao ambiente e simulação de herbivoria. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| Fonte          | Soma de quadrados | Gl  | Quadrado médio | F      | P     |
|----------------|-------------------|-----|----------------|--------|-------|
| AMB $\S$       | 397.703           | 1   | 397.703        | 2.894  | 0.090 |
| DANO           | 2529.509          | 2   | 1264.754       | 9.202  | 0.000 |
| AMB $\S$ *DANO | 4107.475          | 2   | 2053.737       | 14.943 | 0.000 |
| Error          | 35870.865         | 261 | 137.436        |        |       |

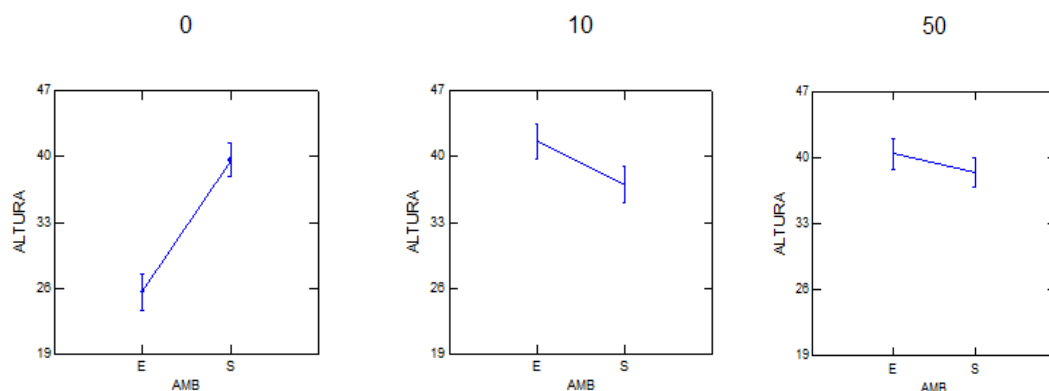


**Figura 6** - A altura foi dependente da intensidade de dano (0, 10 e 50%) e da intensidade luminosa (ambiente ensolarado ou sombreado). Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

Oliveira et al (2009) trabalhando com *Artemisia vulgaris* (Asteraceae) apresentou evidências de que houve uma variação no crescimento de plantas, onde as expostas a pleno sol eram mais baixas quando comparadas com as plantas sombreadas. Esse incremento em altura nas plantas de sombra é um mecanismo de adaptação como forma de diminuir o déficit de luz, erguendo o caule para elevar as folhas na direção do sol. O alongamento seria um ajuste que auxiliaria a planta a se sobressair no ambiente para aumentar sua captação de luz. E o mesmo fato foi observado no presente estudo nas plantas que sofreram dano simulado.

Vimos que as plantas danificadas ficaram mais altas que as mantidas em perfeito estado nas duas áreas de cultivo. Malves (2013) observou o mesmo fato ao estudar plantas de *Solanum lycocarpum* (lobeira, fruta-de-lobo) com e sem galhas. As plantas tem capacidade de aumentar o crescimento para compensar o ataque de herbívoros, ou seja, pode haver um incremento em biomassa como compensação, incluindo na altura. A altura ligeiramente maior das plantas danificadas na estufa pode ser explicada pelo estímulo ao crescimento causado pela herbivoria. No entanto, as plantas intactas de sol foram muito beneficiadas pela grande intensidade luminosa, com grande produção de biomassa (altura e quantidade de folhas, botões e flores). A menor perda de água por evapotranspiração dentro da estufa não foi o fator relevante para o crescimento da pimenta. Mas, plantas mais sensíveis à perda de água vão se desenvolver mais em ambientes sombreados da estufa (Carrijo et al., 2004).

#### 4.6 Número de folhas

Ao avaliar o número de folhas houve diferença significativa entre as quantidades frente ao ambiente ( $P < 0,050$ ) e também frente às interações de ambiente x dano ( $P = 0,036$ ) (Tabela 7). O dano como característica única não influenciou na quantidade de folhas. Observando o gráfico que

compara os dois ambientes, houve mais folhas nas plantas de sol (Figura 7).

**Tabela 7** – ANOVA para número de folhas ao fim do ciclo relacionado ao ambiente e dano de herbivoria. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| Fonte     | Soma de quadrados | GL  | Quadrado médio | F       | P     |
|-----------|-------------------|-----|----------------|---------|-------|
| AMBs      | 108335.596        | 1   | 108335.596     | 134.644 | 0.000 |
| DANO      | 36.753            | 2   | 18.376         | 0.023   | 0.977 |
| AMBs*DANO | 5426.161          | 2   | 2713.080       | 3.372   | 0.036 |
| Error     | 209197.597        | 260 | 804.606        |         |       |

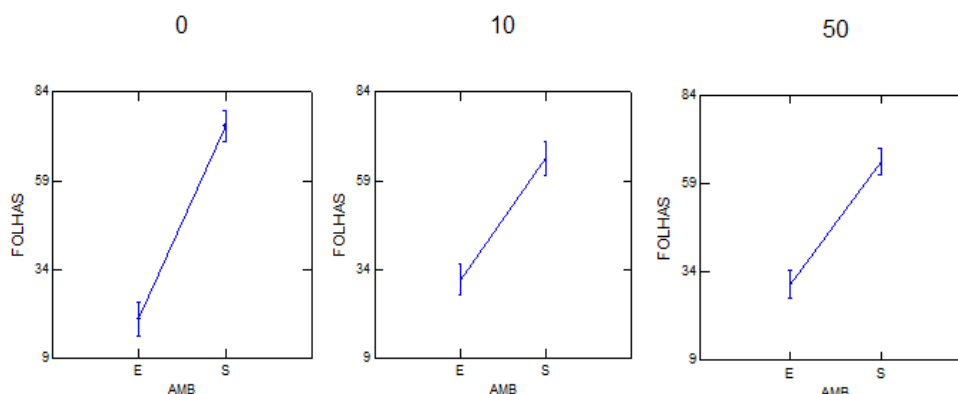


**Figura 7** – Diferenças na quantidade de folhas dependendo do ambiente (estufa ou sol) e da simulação de herbivoria (dano 0, 10 e 50%). Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

Quanto à diferença de produção de folhas nos dois ambientes, o maior número de folhas foi encontrado na área de sol pleno. Isso pode ser explicado pela maior quantidade de energia disponível para fotossíntese e maior quantidade de energia para funcionamento do organismo como um todo. As maiores quantidades de folhas também foram vistas na área de sol mesmo com a herbivoria simulada,. Não vimos diferença estatística entre a quantidade de folhas perfeitas e danificadas. Diferentemente dos nossos resultados, o número de folhas de *S. lycocarpum* foi maior nas plantas sem dano do que nas com dano por galhadores (Malves, 2013). Considerando que o galhador consome tecidos da folha, ele provoca perda de nutrientes e de energia, ou seja, a ação da herbivoria é capaz de diminuir o número de folhas. Essa redução pode ser explicada, pois a falta de nutrientes e os danos nas plantas causados pela herbivoria podem acarretar na diminuição da eficiência de seu desenvolvimento por prejudicar sua conversão de energia (Vasconcelos et al., 2009). No nosso estudo a planta danificada conseguiu se recuperar até o final do ciclo e sua quantidade de folhas permaneceu semelhante entre os grupos.

#### 4.7 Número de botões, flores e frutos

Quanto ao número botões (Tabela 8) e flores (Tabela 9), houve diferença estatística somente quanto à área do plantio ( $P < 0,050$  e  $P = 0,030$ ), as maiores quantidades estavam na área de sol. Ou seja, a simulação de herbivoria não influenciou na quantidade de botões e flores. Pode-se observar que em ambiente ensolarado, em ambos os casos, houve maior quantidade de flores e botões florais quando em comparação ao ambiente sombreado (Figura 8 e 9). Já quanto à frutificação, não houve diferença significativa na produção de frutos quanto ao ambiente, dano ou interação entre os fatores (Tabela 10 e Figura 10).

**Tabela 8** – ANOVA para número de botões aos 112 dias relacionado ao ambiente e dano de herbivoria. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA)

| Fonte    | Soma de quadrados | GL  | Quadrado médio | F      | P     |
|----------|-------------------|-----|----------------|--------|-------|
| AMB      | 534.107           | 1   | 534.107        | 23.573 | 0.000 |
| DANO     | 10.959            | 2   | 5.480          | 0.242  | 0.785 |
| AMB*DANO | 22.351            | 2   | 11.176         | 0.493  | 0.612 |
| Error    | 3489.325          | 154 | 22.658         |        |       |

**Tabela 9** – ANOVA para número de flores aos 112 dias relacionado ao ambiente e dano de herbivoria. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

| Fonte    | Soma de quadrados | GL  | Quadrado médio | F     | P     |
|----------|-------------------|-----|----------------|-------|-------|
| AMB      | 39.290            | 1   | 39.290         | 4.807 | 0.030 |
| DANO     | 27.485            | 2   | 13.743         | 1.681 | 0.191 |
| AMB*DANO | 14.371            | 2   | 7.185          | 0.879 | 0.418 |
| Error    | 890.898           | 109 | 8.173          |       |       |

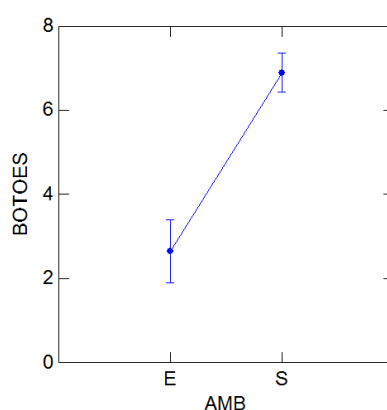


**Figura 8** - O número de botões variou significativamente dependendo da luminosidade durante o crescimento. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

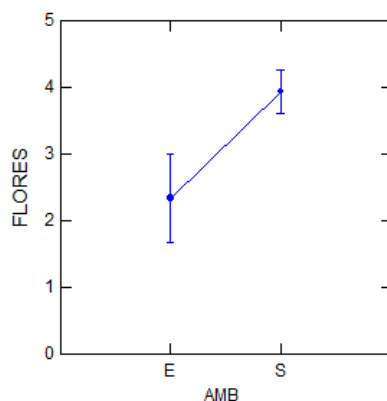


**Figura 9** – O número de flores variou significativamente dependendo da luminosidade durante o crescimento. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

**Tabela 10** – ANOVA para número de frutos aos 112 dias relacionado ao ambiente e dano de herbivoria. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA)

| Fonte          | Soma de quadrados | GL | Quadrado médio | F     | P     |
|----------------|-------------------|----|----------------|-------|-------|
| AMB $\S$       | 1.022             | 1  | 1.022          | 0.150 | 0.700 |
| DANO           | 1.760             | 2  | 0.880          | 0.129 | 0.879 |
| AMB $\S$ *DANO | 25.303            | 2  | 12.651         | 1.854 | 0.167 |
| Error          | 341.106           | 50 | 6.822          |       |       |

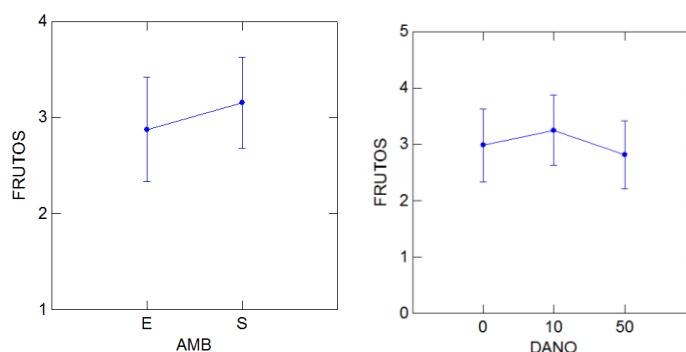


**Figura 10** – O número de frutos não variou significativamente com os ambientes de semeadura ou com os níveis de dano de herbivoria. Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA)

O pimentão *Capsicum annuum* é uma solanácea que, assim como a pimenta, necessita de boa luminosidade durante todo o seu ciclo, sobretudo no período de reprodução, com a formação de flores e frutos (Cermeño, 1977). Semelhante ao estudo aqui apresentado, Verdugo et al. (2015) no México, utilizando uma variedade de pimentão, obtiveram número de flores superior com maior quantidade de luz solar disponível.. Mesmo havendo a produção de botões e flores nos diferentes ambientes, as quantidades foram sempre maiores com mais luz. Isso evidencia que o pimentão, assim como a pimenta apresenta alto grau de plasticidade fenotípica das variáveis observadas.

#### 4.8 Dureza foliar

Quanto à força necessária para perfuração, ou seja, a dureza foliar houve diferença estatística somente quando se compara os diferentes níveis de dano ( $P = 0,013$ ) (Tabela 11, Figura 11). A disponibilidade de luz solar no ambiente não influenciou na dureza da folha.

**Tabela 11** – ANOVA para força de perfuração aos 112 dias relacionado ao ambiente e dano de herbivoria (Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA))

| Fonte     | Soma de quadrados | GL | Quadrado médio | F     | P     |
|-----------|-------------------|----|----------------|-------|-------|
| AMBs      | 0.001             | 1  | 0.001          | 1.187 | 0.279 |
| DANO      | 0.004             | 2  | 0.002          | 4.603 | 0.013 |
| AMBs*DANO | 0.00              | 2  | 0.000          | 0.463 | 0.631 |
| Error     | 0.036             | 84 | 0.000          |       |       |

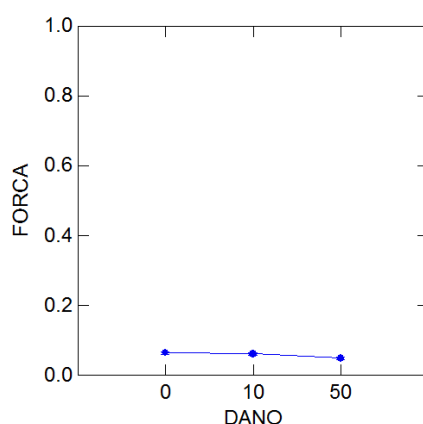


**Figura 11** – Média da força necessária para causar a perfuração no limbo foliar (Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA)).

A anatomia foliar pode ser influenciada nos diversos estádios de desenvolvimento, uma vez que a folha é um órgão vegetal com capacidade plástica e possui uma estrutura interna altamente adaptável às condições de luz ambientais (Boardman, 1977).

Oliveira (2009) evidencia que a capacidade de alterar a estrutura das folhas em resposta a diferentes níveis de luz ou alguma incomformidade, como uma perturbação pela herbivoria, pode ser considerado um atributo de espécies que apresentam plasticidade e capacidade de adaptação/aclimação.

#### 4.9 Tricomas aos 60 e 120 dias

Quanto à diferença na quantidade de tricomas nas plantas sem dano, a quantidade de luz e o tempo de desenvolvimento foram fatores que influenciaram na diferença estatística significativa ( $P=0,011$ ) (Tabela 12) . Dentre os períodos de contagem, as plantas no meio do ciclo apresentaram

mais tricomas no ambiente ensolarado. No final do ciclo os valores foram invertidos, com maior quantidade de tricomas na estufa (Figura 12).

**Tabela 12** – ANOVA número de tricomas aos 112 dias relacionado ao ambiente e dias (53 e 112) (Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA)).

| Fonte             | Soma de quadrados | GL | Quadrado médio | F     | P     |
|-------------------|-------------------|----|----------------|-------|-------|
| AMB $\times$      | 4.225             | 1  | 4.225          | 0.203 | 0.655 |
| DIAS              | 15.625            | 1  | 15.625         | 0.752 | 0.392 |
| AMB $\times$ DIAS | 148.225           | 1  | 148.225        | 7.135 | 0.011 |
| Error             | 747.900           | 36 | 20.775         |       |       |

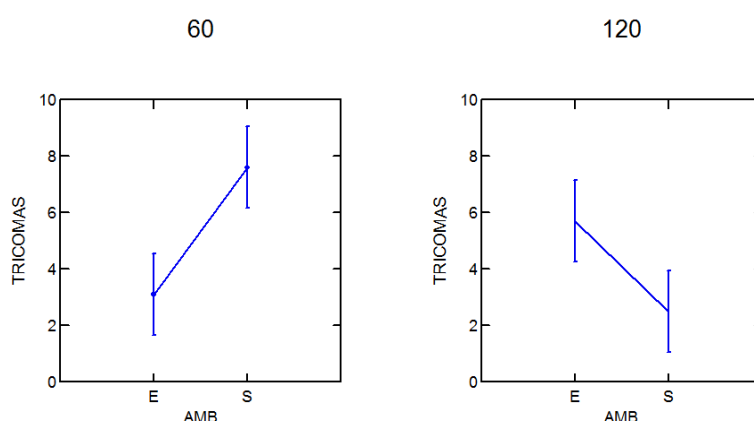


**Figura 12** - Interação significativa (ambiente x dias 53 e 112) sobre a quantidade de tricomas. (Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA)).

#### 4.10 Tricomas aos 120 dias relacionados ao dano de herbivoria

Somente a interação ambiente x dano foi significativa ( $P=0,050$ ). Considerando as plantas sem dano, a quantidade de tricomas foi maior dentro da estufa (Tabela 13). Considerando as plantas danificadas, a maior quantidade de tricomas foi produzida no sol (Figura 13).

**Tabela 13** – ANOVA para número de tricomas aos 112 dias relacionado ao ambiente e dano de herbivoria (Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA)).

| Fonte             | Soma de quadrados | GL | Quadrado médio | F     | P     |
|-------------------|-------------------|----|----------------|-------|-------|
| AMB $\times$      | 22.817            | 1  | 22.817         | 0.826 | 0.367 |
| DANO              | 56.700            | 2  | 28.350         | 1.026 | 0.365 |
| AMB $\times$ DANO | 174.633           | 2  | 87.317         | 3.161 | 0.050 |
| Error             | 1491.500          | 54 | 27.620         |       |       |

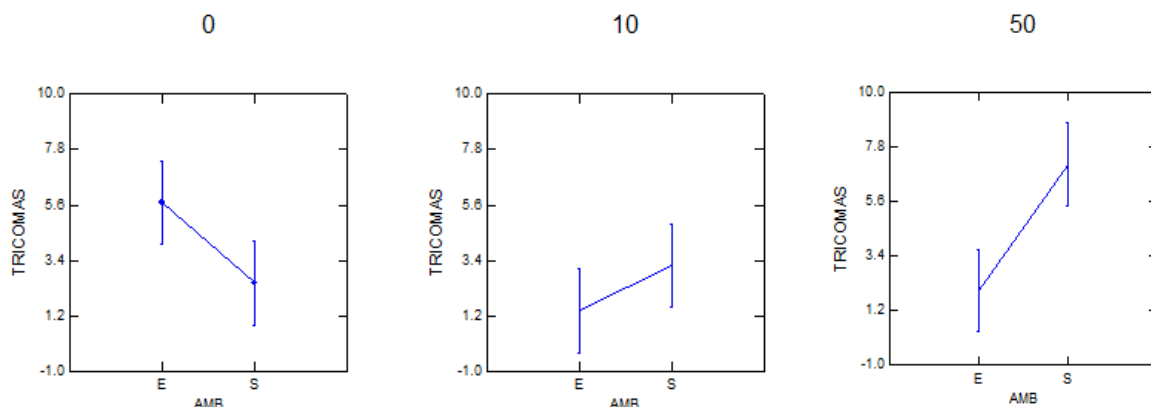


**Figura 13** - Interação significativa (ambiente x dano 0, 10 e 50%) sobre a quantidade de tricomas. (Dados gerados pelo SYSTAT versão 10 (Systat Software, Inc., San Jose Califórnia, EUA).

Traw e Dawson (2002) mostraram em seus estudos que a herbivoria nas folhas de plantas pode induzir a produção de tricomas, visto que a perda foliar por ataque pode ativar o mecanismo de produção dos apêndices foliares. A produção de tricomas é uma estratégia defensiva pois os pelos podem servir como uma barreira mecânica impedindo a movimentação ou alimentação dos insetos, além do mais, algumas espécies de plantas tem capacidade de possuir tricomas que produzem substâncias que repelem os herbívoros, como substâncias voláteis ou pegajosas.

## 5. DIFICULDADES ENCONTRADAS

As sementes de *Capsicum frutescens* do lote testado não apresentaram bons resultados no teste de tetrazólio e no teste de germinação com água destilada, possivelmente devido ao tempo de estocagem, sendo necessária a troca do lote e repetição dos testes. Assim, houve a necessidade uma nova realização dos procedimentos em um lote novo. O procedimento foi realizado com novas sementes e elas se mostraram adequadas para o plantio.

A empresa parceira conseguiu o adubo, que correspondeu ao último item necessário ao plantio em fevereiro de 2016, a partir daí o preparo dos sacos de plantio, a semeadura e o acompanhamento e desenvolvimento dos testes aconteceu sem atrasos.

Durante a condução do trabalho, houve a morte de algumas plantas sem razão definida.

As plantas de pimenta cultivadas a pleno sol em campo aberto sofreram alguns ataques de pragas como lagartas e dentro da estufa, algumas plantas foram devoradas por lesmas, mesmo assim poucas plantas foram perdidas.

## **6. CONCLUSÕES**

A pimenteira apresenta plasticidade quanto ao seu desenvolvimento, completando seu ciclo mais rapidamente em sol pleno, mas se desenvolve satisfatoriamente também dentro de estufa sombreada.

Concluimos que o desenvolvimento da pimenteira Malagueta apresenta melhores resultados quando acontece a pleno sol, porém, o sombreamento não impede a diferenciação dos tecidos e o desenvolvimento das partes da planta adequadamente, apenas torna esse processo mais lento. Isso se deve a dependência do sol para um melhor crescimento. Indica-se que essa pimenta seja cultivada a sol pleno ou em meia sombra, pois seu desenvolvimento pode se expressar mais rapidamente que seu cultivo em sombra total. A escolha do melhor local de plantio dependerá da região e das outras condições intrínsecas locais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As referências bibliográficas seguem a normatização proposta pela ABNT no site  
< <http://www.leffa.pro.br/textos/abnt.htm#5.9.1.1>>

BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review Plant Physiology*, v.28, p.355-77, 1977.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 1, p. 05-09, 2004.

CERMEÑO, Z.S. Pimento. In: \_Cultivo de plantas hortícolas em estufa. Lisboa: Litexa, 1977. cap 17, p. 261-75.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. (Ed.). *Ecologia das Interações Plantas – Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva*. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2011.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Insect-plant interactions: new pathways to a better comprehension of ecological communities in Neotropical savannas. *Neotropical Entomology*, v. 38, n.2, p. 159-164, 2011.

FIGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA, 2003. 331p.

FITOTERAPIA & PLANTAS MEDICINAIS. Benefícios e propriedades das pimentas medicinais. Disponível em: <<http://www.plantasmedicinaisfitoterapia.com/pimentas-medicinais.html>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

GAZOLLA-NETO, A.; AUMINDE, T. Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F. A. Ação de níveis de luminosidade sobre crescimento de plantas de maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.). *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p.88-92, mar. 2013.

GERSON, R.; HONMA, S. Emergence response of the pepper at low soil temperature. *Euphytica*,

Dordrecht, v. 27, n. 1, p. 151-156, Feb. 1978.

GUIMARÃES, M. A.; VIANA, C.S.; TELLO, J. P. J.; DAMASCENO, L. A.; MIRANDA, J. F. Emergência e desempenho de plântulas de Cubiu em diferentes substratos e profundidades de semeadura. Bioscience, Uberlândia, v. 30, n. 2, p.802-810, out. 2014.

KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 472p.

MALVES, K. Efeito das galhas na alocação reprodutiva e arquitetura de *Solanum lycocarpum* St. Hill. (Solanaceae). 2013. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MASCHINSKI, J.; WHITHAM, T. G. The continuum of plant responses to herbivory: the influence of plant association, nutrient availability, and timing. Am. Nat. 134:1–19, 1989.

NASCIMENTO, W. M. (Ed.). Produção de Sementes de Hortaliças: Volume II. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. 341p.

OLIVEIRA, M.I.; CASTRO, E.M.; COSTA, L.C.B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. Rev. bras. plantas med., Botucatu , v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009 .

PATRO, R.. Pimenta – *Capsicum* spp. 2014. Disponível em:  
<<http://www.jardineiro.net/plantas/pimenta-capsicum-spp.html>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

RADIN, B., REISSER JUNIOR, C., MATZENAUER, R. & BERGAMASCHI, H.2004. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. Horticultura Brasileira, 22(2): 178-181.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.). *Capsicum*: Pimentas e pimentões do Brasil. Brasília: Embrapa, 2000. 113p.

STOWE, K. A.; MARQUIS, R. J.; HOCHWENDER, C. G., SIMMS, E. L. The evolutionary ecology of tolerance to consumer damage. Annu. Rev. Ecol. Syst. 31:565-95, 2000.

SUZUKI R.M, KERBAUY, G.B, (2006) Effects of light and ethylene on endogenous hormones and development of *Catasetum fimbriatum* (Orchidaceae). Brazilian Journal of Plant Physiology 18:359-365.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013. 722p.

TRAW, M.B.; DAWSON, T.E., 2002, Differential induction of trichomes by three herbivores of Black Mustard. Oecologia, Vol. 131, pp. 526-532.

VASCONCELOS, P. B.; PAULA, C. L.; VASCONCELOS, H. L. Resposta morfológica de *Solanum lycocarpum* aos efeitos da herbivoria e estresse hídrico. Horizonte Científico, Uberlândia, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2009.

VERDUGO, S. H.; SÁNCHEZ, R. A. G.; PORRAS, F.; TERRAZA, S. P.; ORTIZ, A. V.; OLVERA, A. P.; ESPANÑA, R. G. L.; Plasticidad fenotípica de poblaciones de chile silvestre (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) en respuesta a disponibilidad de luz. Botanical Sciences, Sinaloa, v. 2, n. 5, p.231-240, maio 2015.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. A luz e a vida das plantas. São Paulo: Edusp, 1982. 102p.