

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**MAYRA TANIELY RIBEIRO ABADE**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE RÚCULA EM CULTIVO DE  
PRIMAVERA E INVERNO SOB SOMBREAMENTO**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON- PARANÁ**

**2018**

**MAYRA TANIELY RIBEIRO ABADE**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE RÚCULA EM CULTIVO DE  
PRIMAVERA E INVERNO SOB SOMBREAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Élcio Silvério Klosowski  
Coorientador: José Renato Stangarlin

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON- PARANÁ**

**2018**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Abade, Mayra Taniely Ribeiro

Desempenho agrônômico de cultivares de rúcula em cultivo de primavera e inverno sob sombreamento / Mayra Taniely Ribeiro Abade; orientador(a), Élcio Silvério Klosowski ; coorientador(a), José Renato Stangarlin, 2018.

112 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

1. Sombreamento. 2. Rúcula. 3. Análise de crescimento. 4. Morfometria. I. Klosowski, Élcio Silvério. II. Stangarlin, José Renato. III. Título.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

## MAYRA TANIELY RIBEIRO ABADE

Desempenho agrônômico de cultivares de rúcula em cultivo de primavera e inverno sob sombreamento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal Sustentáveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

*Elcio S. Klosowski*

Orientador(a) - Elcio Silvério Klosowski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

*José Renato Stangarin*

José Renato Stangarin

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

*Clair Aparecida Viecelli*

Clair Aparecida Viecelli

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Marechal Cândido Rondon, 27 de fevereiro de 2018

## **DEDICATÓRIA**

A todos que já tiveram um momento de fraqueza.

Não vai doer para sempre, então não deixe isso afetar o que há de melhor em você. Junte suas forças e vá à luta.

A Deus, pela vida, aos meus queridos e amados pais, por não medirem esforço para eu chegar onde estou hoje, pelo exemplo de vida e de família.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais Valderlino Abade e Cerli Ribeiro, pelo amor incondicional, pelo carinho, apoio e incentivo que me fizeram chegar até aqui.

Ao meu irmão Matheus Abade e Cunhada Rozineide Marques, pelo amor e motivação para continuar correndo atrás dos meus sonhos.

Aos meus amados sobrinhos Mayara e Gabriel Abade, pelo amor incondicional, pelos risos sinceros, pelas brincadeiras que aliviaram a tensão nos momentos de dificuldade.

Aos meus avós maternos e paternos, pelo amor, carinho e sábios conselhos.

Aos meus tios (as) e primos (as), pelo forte laço que nos une e mesmo distantes nosso amor só aumenta, e principalmente a minha prima e uma das melhores amigas Taliane Abade, que mesmo longe sempre se fez presente, compartilhando conversas, me fazendo rir e sempre me motivando.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade e incentivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior, pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Élcio Silvério Klosowski, pela orientação, confiança, paciência, pela boa convivência, pelo suporte e incentivo.

Ao Professor Dr. José Renato Stangarlin pela coorientação, pelo conhecimento repassado, pela atenção, e por sempre me atender nos momentos de dificuldades.

Ao Professor Dr. Cândido Ferreira de Oliveira Neto, pelo conhecimento repassado ao longo de toda minha vida acadêmica, e principalmente pela amizade e carinho que construímos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação, pelo conhecimento repassado ao longo destes dois anos.

Aos amigos antigos, Marlison Ávila, Paulo Henrique Soares, Thais Alencar, Nara Lopes, Najla Barbosa e também aos novos Iza Layana, Pablo Coutinho, Jefferson Vorpapel, Andressa Natacha e Isabella Lagemann pela motivação, por sempre acreditarem em mim, pela amizade e companheirismo.

As melhores amigas Eunice Lima e Fernanda Barbosa, com as quais compartilhei todos os momentos dos últimos dois anos, vocês foram as melhores companheiras de moradia, de vida, junto com vocês descobri que é possível construir uma nova família e a

compartilhar cada momento, seja de alegria ou de tristeza. Obrigada por sempre estarem presentes. Amo vocês!

Aos amigos que a Pós me deu Daniele Hermann, Guilherme Banzarin, Luanna Rinaldi, Jaqueline Barbosa, Tatiane Chiapetti, Renata Brasileiro e Rafael Lucas pelos momentos de descontração, pelas vitórias compartilhadas, pelas dificuldades que juntos superamos.

Aos colegas Renata Filler e Nicanor Henkemeier, que foram peças importantes na execução e manutenção do experimento de campo, sem a ajuda de vocês teria sido bem mais difícil.

E por fim agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui, meu sincero obrigada!

*"Decida o que quer. Acredite que pode tê-lo. Acredite que o merece e acredite que é possível!"*  
*O segredo- Rhonda Byrne*

## RESUMO

ABADE, Mayra Taniely Ribeiro, M. Sc., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro- 2018. **Desempenho agrônômico de cultivares de rúcula em cultivo de primavera e inverno sob sombreamento.** Orientador: Dr. Élcio Silvério Klosowski. Coorientador: Dr. José Renato Stangarlin.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a morfometria, crescimento, fisiologia e composição química de duas cultivares de rúcula em quatro ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) na primavera e inverno e em ambiente protegido na primavera. Os experimentos em ambiente de cultivo foram conduzidos em blocos ao acaso, com quatro repetições, enquanto que o conduzido em ambiente protegido contou com oito blocos. Na primavera e verão foram testados sombreamentos, nas cultivares de rúcula Folha Larga e Cultivada. Na primavera em casa de vegetação foram testadas três cultivares de rúcula (Folha Larga, Cultivada e Donatella). Os parâmetros analisados em todos os experimentos foram: área foliar; número de folhas; diâmetro do coleto e massa de matéria seca, também foi realizada análise de crescimento e determinação de pigmentos fotossintetizantes, e análise de qualidade no experimento de inverno. Os resultados do artigo I demonstram que o uso de sombreamento na cultura da rúcula só é benéfico até certo ponto, reduções bruscas de radiação solar afetam negativamente a morfologia, fisiologia e bioquímica da planta. No segundo artigo obteve-se que as cultivares de rúcula Folha Larga e Cultivada são agronomicamente mais eficientes que a cv. Donatella, nas condições estudadas, por apresentarem melhor desempenho quantitativo e qualitativo, além de melhores índices morfofisiológicos, quando cultivadas em ambiente protegido. Em determinados períodos a temperatura do ar foi maior que o limite da cultura, no entanto, não houve prejuízos ao crescimento do vegetal e à produção. No terceiro artigo teve-se que a morfometria da rúcula é influenciada pela quantidade de radiação a qual a planta é exposta, plantas cultivadas em ambientes mais sombreado (70%) apresentaram menores valores de área foliar, número de folhas, diâmetro do coleto, massa de matéria seca e altura. Plantas submetidas a maiores regimes de luz atingiram maiores taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento relativo da área foliar, quando comparadas a plantas submetidas a menores intensidades luminosas, as quais apresentaram maior razão de área foliar. Fatores ambientais como a luz, temperatura afetam sensivelmente a taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto, destas plantas.

Quanto à produção os resultados obtidos para pleno sol, 30% e 50% não diferiram estatisticamente entre si e foram satisfatórios, enquanto que 70% de sombreamento resultou em menores médias de produção. Para qualidade de plantas de rúcula demonstrada no quarto artigo, observou-se que a mesma é diretamente influenciada pelas condições ambientais e também varia dependendo da cultivar utilizada. Para cultivo de rúcula no inverno o ambiente que proporcionou plantas com melhores resultados de qualidade química foi 30% de sombreamento.

**Palavras-chave:** *Eruca sativa* Miller. Análise de crescimento. Morfometria.

## ABSTRACT

ABADE, Mayra Taniely Ribeiro, M. S., State University of western Paraná, in February 2018. **Agronomic performance of arugula cultivars in spring and winter cultivation under shading.** Advisor: Dr. Élcio Silvério Klosowski. Co- Advisor: Dr. José Renato Stangarlin.

The objective of this work was to evaluate the morphometry, growth, physiology and chemical composition of two arugula cultivars in four growing environments (full sun, 30%, 50% and 70% shading) in spring and winter and in protected environment in the spring. The experiments in culture environment were conducted in randomized blocks with four replicates, while the one conducted in a protected environment had eight blocks. In the spring and summer shades were tested, in the cultivars of Arugula Folha Larga and Cultivada. In the spring in a greenhouse, three cultivars of arugula (Folha Larga, Cultivada and Donatella) were tested. The parameters analyzed in all the experiments were: leaf area; number of leaves; diameter of the collection and mass of dry matter, was also performed growth analysis and determination of photosynthetic pigments, and quality analysis in the winter experiment. The results of article I demonstrate that the use of shading in arugula culture is only beneficial to some extent, abrupt reductions in solar radiation negatively affect plant morphology, physiology and biochemistry. In the second article it was obtained that the cultivars of Arugula Folha Larga and Cultivada are agronomically more efficient than the cv. Donatella, under the conditions studied, because they present better quantitative and qualitative performance, besides better morphophysiological indexes, when cultivated in a protected environment. At certain periods the air temperature was higher than the crop limit, however, there were no damages to the plant growth and production. In the third article, the arugula morphometry was influenced by the amount of radiation to which the plant is exposed; plants grown in more shaded environments (70%) had lower values of leaf area, leaf number, collection diameter, mass of dry matter and height. Plants submitted to higher light regimes reached higher absolute growth rate, relative growth rate, net assimilation rate and relative growth rate of leaf area, when compared to plants submitted to lower light intensities, which presented higher leaf area ratio. Environmental factors such as light, temperature significantly affect the net assimilation rate, relative growth rate, absolute growth rate, of these plants. Regarding production, the results obtained for full sun, 30% and 50% did not differ statistically from each other and were satisfactory, while 70% shading resulted in lower production averages. For the quality of arugula plants demonstrated in the fourth article, it

was observed that it is directly influenced by environmental conditions and also varies depending on the cultivar used. For arugula cultivation in winter, the environment that provided plants with the best chemical quality results was 30% shading.

**Keywords:** *Eruca sativa* Miller. Growth analysis. Morphometry.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO I

- Figura 1-** Telados com estrutura de bambu e cobertura de sombrite 30%, 50% e 70% de sombreamento.....11
- Figura 2-** Dados de temperatura média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para os seguintes ambientes de cultivo: pleno sol (A); 30% (B); 50% (C) e 70% (D) de sombreamento para a cultura da rúcula no inverno. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.....12
- Figura 3-** Área foliar em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....15
- Figura 4-** Número de folhas em plantas de rúcula em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....16
- Figura 5-** Diâmetro do coleto em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....17
- Figura 6-** Massa de matéria seca em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....18
- Figura 7-** Altura em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....18
- Figura 8-** Taxa de crescimento absoluto (TCA) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....20
- Figura 9-** Taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....21
- Figura 10-** Taxa de assimilação líquida (TAL) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....22
- Figura 11-** Razão de área foliar (RAF) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....23
- Figura 12-** Taxa de crescimento relativo da área foliar ( $TCR_{AF}$ ) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....24

## ARTIGO II

**Figura 1-** Dados de temperaturas média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para ambiente protegido no inverno. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.....38

**Figura 2-** Área foliar (A), número de folhas (B), diâmetro do coleto (C), massa de matéria seca (D) e altura (E) de cultivares de rúcula (*Eruca sativa* Miller) cultivada em ambiente protegido na primavera.....43

**Figura 3-** Taxa de crescimento absoluto-TCA (A), taxa de crescimento relativo- TCR (B), taxa de assimilação líquida- TAL (C), razão de área foliar- RAF (D) e taxa de crescimento relativo da área foliar-  $TCR_{AF}$  (E) de cultivares de rúcula (*Eruca sativa* Miller) cultivada em ambiente protegido na primavera.....46

## ARTIGO III

**Figura 1-** Dados de temperaturas média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para os seguintes ambientes de cultivo: pleno sol (A), 30% (B); 50% (C) e 70% (D) de sombreamento para a cultura da rúcula no inverno.....58

**Figura 2-** Área foliar em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....60

**Figura 3-** Número de folha em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....61

**Figura 4-** Diâmetro do coleto em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....62

**Figura 5-** Massa de matéria seca em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....63

**Figura 6-** Altura em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....64

**Figura 7-** Taxa de crescimento absoluto (TCA) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....65

**Figura 8-** Taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....66

**Figura 9-** Taxa de assimilação líquida (TAL) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....67

**Figura 10-** Razão de área foliar (RAF) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....68

**Figura 11-** Taxa de crescimento relativo da área foliar ( $TCR_{AF}$ ) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.....69

#### ARTIGO IV

**Figura 1-** Dados de temperaturas média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para os seguintes ambientes de cultivo: pleno sol (A), 30% (B); 50% (C) e 70% (D) de sombreamento para a cultura da rúcula no inverno. Marechal Cândido Rondon/PR, 2017.....78

**Figura 2 -** Curva padrão para a determinação da concentração de compostos fenólicos.....80

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

<b>Tabela 1-</b> Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon/PR, 2016.....	10
<b>Tabela 2-</b> Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon/PR, 2016.....	10
<b>Tabela 3-</b> Médias mensais da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) a pleno sol e aproximação para os ambientes 30%, 50% e 70% de sombreamento, no período de 10/11/2016 a 15/12/2016. Marechal Cândido Rondon, PR.....	12
<b>Tabela 4-</b> Número de folhas em plantas de rúcula cultivares Folha Larga e Cultivada, sob diferentes ambientes de cultivo(pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).....	16
<b>Tabela 5-</b> Teores de clorofila <i>a</i> ( $\text{mg g}^{-1}$ de matéria fresca),clorofila <i>b</i> ( $\text{mg g}^{-1}$ de matéria fresca) em folhas de cultivares de Rúcula cultivada sob diferentes sombreamentos (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).....	25
<b>Tabela 6-</b> Teores de clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$ de matéria fresca) e carotenóides totais ( $\text{mg g}^{-1}$ de matéria fresca)em folhas de cultivares de Rúcula cultivada sob diferentes sombreamentos (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).....	26
<b>Tabela 7-</b> Produção ( $\text{kg m}^{-2}$ ) aos 35 DAE de rúcula cultivadas sob pleno sol e diferentes telados (30%, 50% e 70% de sombreamento).....	27

### ARTIGO II

<b>Tabela 1-</b> Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.....	37
<b>Tabela 2-</b> Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.....	37
<b>Tabela 3-</b> Teores de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> , total ( $\text{mg g}^{-1}$ de matéria fresca) e teores de carotenóides totais ( $\text{mg g}^{-1}$ de matéria fresca), em folhas de cultivares de Rúcula cultivada em ambiente protegido. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.....	48
<b>Tabela 4-</b> Produção ( $\text{kg m}^{-2}$ ) aos 40 DAE de rúcula cultivadas em ambiente protegido na primavera.....	49

### ARTIGO III

<b>Tabela 1-</b> Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.....	56
<b>Tabela 2-</b> Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.....	56
<b>Tabela 3-</b> Médias mensais da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) a pleno sol e aproximação para os ambientes 30%, 50% e 70% de sombreamento, no período de 14/06/2017 a 08/08/2017. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.....	58
<b>Tabela 4-</b> Produção ( $\text{kg m}^{-2}$ ) aos 55 DAE de rúcula cultivadas sob pleno sol e diferentes telados (30%, 50% e 70% de sombreamento).....	70

### ARTIGO IV

<b>Tabela 1-</b> Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.....	77
<b>Tabela 2-</b> Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.....	77
<b>Tabela 3-</b> Médias mensais da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) a pleno sol e aproximação para os ambientes 30%, 50% e 70% de sombreamento, no período de 14/06/2017 a 08/08/. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.....	79
<b>Tabela 4-</b> Teor de sólidos solúveis (SS) em rúcula para cultivares e diferentes ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).....	82
<b>Tabela 5-</b> Acidez Titulável e <i>Ratio</i> em folhas de rúcula cultivares Folha Larga e Cultivada, sob diferentes ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).....	84
<b>Tabela 6-</b> Potencial hidrogeniônico e teores de ácido ascórbico em folhas de rúcula cultivares Folha Larga e Cultivada, sob diferentes ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).....	86
<b>Tabela 7-</b> Teor de compostos fenólicos em folhas de rúcula para cultivares e diferentes ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).....	87

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
2 ARTIGO I - DESEMPENHO DE CULTIVARES DE RÚCULA SOB TELAS DE SOMBREAMENTO E PLENO SOL NA PRIMAVERA .....	6
2.1 RESUMO.....	6
2.2 ABSTRACT.....	7
2.3 INTRODUÇÃO .....	8
2.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	9
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
2.6 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
3 ARTIGO II- DESEMPENHO DE CULTIVARES DE RÚCULA EM AMBIENTE PROTEGIDO NA PRIMAVERA .....	33
3.1 RESUMO.....	33
3.2 ABSTRACT.....	34
3.3 INTRODUÇÃO .....	35
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	36
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.6 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
4 ARTIGO III- DESEMPENHO DE CULTIVARES DE RÚCULA SOB TELAS DE SOMBREAMENTO E PLENO SOL NO INVERNO .....	53
4.1 RESUMO.....	53
4.2 ABSTRACT.....	54
4.3 INTRODUÇÃO .....	55
4.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	56

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.6 CONCLUSÃO .....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
5 ARTIGO IV- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS PARA CULTIVARES DE RÚCULA EM DIFERENTES AMBIENTES DE CULTIVO NO INVERNO.....	73
5.1 RESUMO.....	73
5.2 ABSTRACT.....	74
5.3 INTRODUÇÃO .....	75
5.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	76
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
5.6 CONCLUSÃO .....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
6 CONCLUSÕES GERAIS .....	92
ANEXOS.....	93

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Em 2016, no setor da olericultura, o Estado do Paraná produziu 3,06 milhões de toneladas, em uma área cultivada em torno de 125,1 mil hectares, e o mercado movimentou aproximadamente R\$ 4,96 bilhões de reais (SEAB/DERAL, 2017).

Dentre as hortaliças cultivadas no Brasil, a rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma folhosa que vem conquistando espaço no mercado desde a década de 1990. A rúcula é uma planta herbácea (Brassicaceae) com sabor picante, nutritiva, contendo minerais como potássio, enxofre e ferro, além de vitaminas A e C (PORTO et al., 2013).

Na safra 2016, no estado do Paraná a área plantada de rúcula foi de 287 ha, com produção de 3.881 toneladas, responsável por 0,13% da produção, arrecadando o valor de R\$ 13.196.420 (SEAB/DERAL, 2017). Essa hortaliça possui produtividade muito variável em função do manejo adotado e do clima (COSTA et al., 2011).

O manejo da rúcula é facilitado por sua tolerância a pragas e doenças, além de possuir ciclo rápido, cerca de 40 dias. Esses motivos ocasionaram aumento de seu consumo e produção nacional que, por fim, estimularam os produtores a investirem na cultura (SEDIYAMA; RIBEIRO; ALBANEZ, 2007). O ciclo da rúcula e sua forma de condução são semelhantes aos cultivos de alface e de coentro, no entanto, informações específicas sobre a época de cultivo são escassas na literatura.

Essa planta é mais cultivada nas regiões do país com temperaturas mais amenas, no entanto, alguns estudos mostram que a rúcula tem apresentado boa adaptação ao cultivo de verão, cujas temperaturas são mais elevadas, com picos de produtividade de massa fresca influenciado pela temperatura (COSTA et al., 2012).

As condições climáticas locais consistem em fatores pré-colheita que afetam o rendimento das hortaliças. Poucos estudos demonstram o potencial produtivo da rúcula sob cultivo com elementos meteorológicos distintos. Em Jaboticabal-SP, Costa et al. (2007) verificaram que a rúcula obteve maior desempenho produtivo no cultivo de primavera (temperatura média do ar de 23,9 °C) em relação ao de outono-inverno, cuja temperatura foi próxima de 20° C.

A região do Oeste do Paraná apresenta inverno rigoroso, com baixas temperaturas, onde os três meses mais frios apresentam temperaturas média entre 17 e 18 °C, enquanto no verão, trimestre mais quente, as temperaturas médias variam entre 28 e 29 °C. O fotoperíodo médio na primavera-verão é maior (12,9 horas) que o observado no período de outono-inverno (11,1 horas), o que pode afetar a resposta produtiva da rúcula.

Em hortaliças folhosas as variações no fotoperíodo e temperatura do ar podem modificar a duração do tempo até a colheita comercial da parte aérea, pois fatores meteorológicos atuam diretamente no metabolismo da planta, estimulando a produção de hormônios vegetais como as giberelinas, que estão diretamente relacionadas ao início do florescimento e crescimento do caule (TAIZ; ZEIGER, 2017), principalmente em condições de temperatura do ar elevadas associadas a dias longos (primavera-verão).

O uso de técnicas para atenuar a densidade de fluxo de radiação solar incidente, com o objetivo de aumentar o crescimento e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas no período do ano em que a temperatura do ar alcança valores elevados, tem se mostrado vantajoso (PEREIRA et al., 2004). A utilização de telas de sombreamento nos cultivos, como forma de reduzir a intensidade da radiação solar, contribui para melhorar o desempenho da cultura, quando comparado com o cultivo a céu aberto (ROCHA et al., 2015).

Com a crescente demanda por hortaliças de alta qualidade ofertadas durante o ano todo, tem-se buscado investir em novos sistemas de cultivo, que permitam produção de qualidade adaptada em diferentes regiões e condições diversas de ambiente (CARRIJO et al., 2004). Contudo, o uso de telas sombrite visando atenuar temperatura e irradiância solar podem reduzir o fluxo de luz a níveis inadequados, promovendo prolongamento do ciclo, estiolamento das plantas e redução da produtividade.

Para avaliar os efeitos do ambiente protegido sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, utilizando a medida sequencial do acúmulo de matéria seca na planta, permitindo avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total (BARREIRO et al., 2006), o que não é possível com o simples registro do rendimento.

O crescimento vegetal remete ao aumento do volume e número de células ou expansão celular, ou seja, mudanças quantitativas que são irreversíveis tais como: massa, tamanho ou volume (TAIZ; ZEIGER, 2017). O uso da análise de crescimento permite obter informações sem a necessidade de equipamentos caros e sofisticados, pois utiliza apenas a massa da matéria seca da planta e a área foliar que são responsáveis pela fotossíntese (PEIXOTO, 2009; MARAFON, 2012). A maior parte da matéria seca acumulada pelas plantas durante seu crescimento (cerca de 90%) é proveniente da fotossíntese (BENINCASA, 2003).

O estudo do crescimento das plantas pode ser estimado por meio de equações matemáticas (cálculo de índices fisiológicos), para que se possa verificar a contribuição de

cada parte no desenvolvimento final das plantas (FAQUIN, 2002). Geralmente estes cálculos são estimados com base na: taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e a taxa de crescimento relativo da área foliar ( $TCR_{AF}$ ) (PORTES; CASTRO, 1991).

A TCA representa a variação de crescimento em um determinado intervalo de tempo ou um incremento de matéria seca neste intervalo de tempo; a TCR expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de massa inicial, em um determinado intervalo de tempo; a TAL expõe a relação entre as biomassas secas produzidas por área foliar da planta; a RAF mostra a relação entre a área responsável pela realização de fotossíntese e a biomassa seca total produzida; e a  $TCR_{AF}$  representa a variação de área foliar em um determinado intervalo de tempo.

A análise de crescimento quantifica os incrementos na planta, com base nos produtos da fotossíntese, mediante isso, é interessante quantificar os teores de pigmentos fotossintetizantes, por atuarem diretamente na eficiência fotossintética. Os diferentes pigmentos, clorofilas e carotenoides exercem funções diferentes e complementares no metabolismo vegetal. As clorofilas atuam na captura de luz solar nos centros de reação, enquanto os carotenóides protegem as mesmas da foto oxidação causada pelo excesso de radiação (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A produção vegetal satisfatória depende da ação conjunta de fatores, tanto intrínsecos quanto extrínsecos a cultura. Os intrínsecos podem ser amenizados com uso de melhoramento genético, enquanto os extrínsecos dependem das atividades de manejo adotadas em cada situação, ficando sujeitas a ação de quem cultiva.

A rúcula quando exposta a radiação solar, tem o potencial produtivo influenciado pelas condições ambientais, crescendo em maior velocidade em função principalmente dos fatores luz e temperatura do ar, sendo o estudo da ação conjunta desses fatores importante para o desenvolvimento satisfatório da cultura.

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar o desempenho produtivo e qualidade de folhas da cultura da rúcula quando cultivada na primavera e no verão, a pleno sol, 30, 50 e 70% de sombreamento.

Adiante estão dispostos os artigos discutindo os experimentos que compõem a dissertação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantina**, Campinas, SP, v. 65, n. 4, p. 563-576, junho 2006.
- BENINCASA MMP. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP. 41p, 2003.
- CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B. dos; SOUZA, R. B. de; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, P. 05-09, jan./mar. 2004.
- COSTA, C. M. F.; SEABRA JÚNIOR, S.; ARRUDA, G. R.; SOUZA, S. B. S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 32, n.1, p. 93-102, jan./mar. 2011.
- COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 034-040, jan./ mar. 2007.
- COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 4, p. 534- 540, abr. 2012.
- FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.
- MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012.
- PEIXOTO, C. P. **Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos**. Tópicos em ciências agrárias, 38, 2009.
- PEREIRA, E. R.; SILVA, I. J. O. ; MOURA, D. J.; PIEDADE, S. M. S. Desempenho da cultura da rúcula cultivada em época de verão em túneis baixos de polietileno perfurado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 2, p. 285-290, maio/ago. 2004.
- PORTES, T. A.; CASTRO, J. R. L. G. D. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, SP, v. 3, n.1, p. 53-56. 1991.
- PORTO, R. de A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. de M.; CORDOVA, N. R. M.; POLIZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa vista, RR, v.7, n. 1, p. 28-35, jan./abril 2013.
- ROCHA, R. C.; CAMPOS, C. O.; OLIVEIRA, G. M.; GOTO, R.; LEITÃO, M. M. V. B. R; VIEIRA, J. P. S.; SILVA, L. B.; CARVALHO, T. G. Características de crescimento de

híbridos de tomateiro em ambiente protegido e a campo aberto na região do Submédio do São Francisco. **Revista SODEBRAS**, v. 10, n. 112, p.130-135, abril/ 2015. Disponível em:< <http://sodebras.com.br/edicoes/N112.pdf>> Acesso em: 25 set.2017.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO (SEAB) - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL (DERAL). **Olericultura - Análise da Conjuntura Agropecuária**. Curitiba, 2017. 2 p.

SEDIYAMA, M. A. N.; RIBEIRO, J. M.; ALBANEZ, A. C. IN: PAULA JUNIOR, T. J.; VENZON, M. Culturas: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG: p.53-62, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. ArtMed, Porto Alegre, 2017, 858 p.

## 2 ARTIGO I - DESEMPENHO DE CULTIVARES DE RÚCULA SOB TELAS DE SOMBREAMENTO E PLENO SOL NA PRIMAVERA

Mayra Taniely R Abade<sup>1</sup>; Élcio S Klosowski<sup>2</sup>; José Renato Stangarlin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Agronomia -PPGA, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, mayra\_agro2011@hotmail.com;

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, elciok1@yahoo.com.br; <sup>3</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, jose.stangarlin@unioeste.br

### 2.1 RESUMO

Com a finalidade de proteger os cultivos tanto das condições climáticas, quanto da interação deste com outros fatores, surgiu o cultivo em ambiente protegido, cujo propósito é melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas por oferecer regularidade na produção. A rúcula pertence à família Brassicaceae, e é uma planta que pode ser cultivada nesse sistema. Assim, objetivou-se avaliar a morfometria, crescimento e fisiologia de duas cultivares de rúcula em quatro ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento), nas condições do Oeste do Paraná, na primavera. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com duas cultivares (Folha Larga e Cultivada) e quatro ambientes (pleno sol, 30, 50 e 70% de sombreamento), com quatro blocos. Coletas sucessivas de quatro plantas por parcela foram realizadas a partir do quinto dia após a emergência (DAE), com intervalos regulares de cinco dias, até o ponto de colheita, 35 DAE. Por meio da distribuição de área foliar nas diferentes épocas para todos os ambientes de cultivo, verificou-se que o crescimento da mesma foi lento, até 15 DAE, para todas as cultivares. Para cv. Folha Larga observou-se pico de taxa de crescimento relativo (TCR) aos 15 DAE para pleno sol (0,3343 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Para cv. Cultivada aos 15 DAE o pico foi a 30%, (0,3165 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e depois aos 20 DAE para pleno sol (0,2728 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Dentre os ambientes estudados, maior teor de clorofila *a* foi encontrado em plantas cultivadas a pleno sol, e entre as cultivares a Cultivada foi a que apresentou maior teor do pigmento. Os dados de produção não diferiram estatisticamente entre os ambientes pleno sol, 30% e 50% de sombreamento, devido a isso, não é economicamente viável o uso de sombrite para produção de rúcula na primavera

**Palavras chave:** *Eruca sativa* Miller. Análise de crescimento. Morfometria.

## 2.2 ABSTRACT

In order to protect crops from climatic conditions as well as their interaction with other factors, cultivation in a protected environment has arisen, whose purpose is to improve the productivity and quality of agricultural products by offering regularity in production. The arugula belongs to the Brassicaceae family, and is a plant that can be grown in this system. The objective of this study was to evaluate the morphometry, growth and physiology of two arugula cultivars in four growing environments (full sun, 30%, 50% and 70% shading) in the western Paraná conditions in the spring. The experiment was conducted in a randomized block design with two cultivars (Folha Larga e Cultivada) and four environments (full sun, 30, 50 and 70% shading), with four blocks. Successive collections of four plants per plot were performed from the fifth day after emergence (DAE), with regular intervals of five days, to the point of harvest, 35 DAE. Through the distribution of leaf area at different times for all growing environments, it was verified that the growth of the same was slow, up to 15 DAE, for all cultivars. For cv. Folha Larga Peak was observed relative growth rate (TCR) at 15 DAE for full sun ( $0,3343 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ). For cv. Cultivada at 15 DAE the peak was at 30%, ( $0.3165 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ) and then at 20 DAE at full sun ( $0.2728 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ). Among the studied environments, the highest content of chlorophyll a was found in plants grown in full sun, and among cultivars Cultivada was the one with the highest pigment content. The production data did not statistically differ between environments full sun, 30% and 50% shading, due to this, it is not economically viable the use of sombrite to produce arugula in the spring.

**Key words:** *Eruca sativa* Miller. Growth analysis. Morphometry.

## 2.3 INTRODUÇÃO

Á rúcula pertencente à família Brassicaceae, é uma hortaliça folhosa de grande potencial no mercado nacional, cuja produção e consumo vêm aumentando em razão da facilidade de cultivo e aceitação pelos consumidores (HENZ; METTOS, 2008). Dentre as espécies, três são utilizadas no consumo humano: *Eruca sativa* Miller, que possui ciclo de crescimento anual, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. e *Diplotaxis muralis* (L.) DC., ambas perenes (PIGNONE, 1997).

No Brasil, a espécie mais cultivada é a *Eruca sativa* Miller, representada principalmente pelas cultivares Cultivada e Folha Larga. Originária da parte ocidental da Ásia e do Sul da Europa foi introduzida no Brasil por imigrantes italianos pelos quais é muito consumida nas regiões sul e sudeste do país (FILGUEIRA, 2007, SEDIYAMA et al., 2007).

As folhas de rúcula são muito apreciadas em saladas e está inclusa nos cardápios de restaurantes, além de apresentar propriedades medicinais, por ser rica em vitamina C e ferro (REGHIN, 2005; PURQUERIO; TIVELLI, 2006).

Apesar da exigência a temperaturas baixas, a rúcula tem sido plantada ao longo de todo o ano em várias regiões do Brasil, apresentando algumas desvantagens como a emissão prematura do pendão floral e folhas menores (FILGUEIRA, 2007), mais rígidas, podendo apresentar maior pungência, sabor mais forte, comprometendo sua produção em regiões tropicais (COSTA et al., 2011). Segundo Gusmão (2003) a planta requer temperaturas entre 15 e 18 °C, mas em regiões de condições tropico úmido, como na região norte, a produção e consumo estão se difundido cada vez mais.

O ciclo da rúcula varia de 45 a 50 dias em virtude da época do ano em que é plantada, apresentando redução à medida que é exposta a dias mais ensolarados (TRANI; FORNASIER; LISBÃO, 1992; SEDIYAMA; SALGADO; PINTO, 2007). Como a maioria das olerícolas, essa cultura está sensível à interferência do ambiente (SAMPAIO et al., 2012).

Com a finalidade de proteger os cultivos tanto das condições climáticas, quanto da interação deste com outros fatores, surgiu o cultivo em ambiente protegido, cujo propósito é melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas, oferecendo regularidade na produção (CARVALHO; TESSARIOLI NETO, 2005). Essa técnica permite proteção às plantas contra temperaturas elevadas e alta intensidade de radiação solar, durante todo o seu crescimento.

A luz tem influência complexa no crescimento, no desenvolvimento e na produção das culturas e, devido à absorção e reflexão do material da cobertura plástica, a densidade de

fluxo da radiação solar global no interior do ambiente protegido é menor que a observada externamente. A utilização de sistemas protegido é uma das alternativas ao cultivo dessa hortaliça em condições adversas (RODRIGUES, 2013).

As alterações na intensidade luminosa no ambiente de cultivo proporcionam ajustes do aparato fotossintético das plantas, os quais resultam na maior eficiência de absorção e transferência de energia para os processos fotossintéticos. Nesse contexto, os teores dos pigmentos cloroplastídicos, clorofila e carotenóides, podem ser utilizados como importantes marcadores de ambientação do vegetal (SOUZA et al., 2011).

As clorofilas *a* e *b* e os carotenóides são pigmentos envolvidos na fotossíntese. A clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar a fase fotoquímica, enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios (STREIT et al., 2005).

Os carotenoides são pigmentos amarelos ou alaranjados, mas normalmente sua coloração é mascarada pelas clorofilas. Esses pigmentos situam-se nas lamelas dos cloroplastos, em íntima associação com as clorofilas, o que permite a transferência de energia para as mesmas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Os teores de pigmentos fotossintetizantes podem variar em função da incidência de radiação solar, desta forma, as moléculas de clorofila controlam as taxas fotossintéticas devido à absorção de energia luminosa e os carotenoides são capazes de dissipar o excesso de energia (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Considerando que na primavera é alta a incidência de radiação solar e a rúcula é sensível a níveis altos da mesma, é interessante o desenvolvimento de alternativas que atenuem a incidência direta sobre as plantas de forma a não afetar os ganhos em produção. Com isso, objetivou-se neste estudo avaliar a morfometria, crescimento e fisiologia de duas cultivares de rúcula em quatro ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento), nas condições do Oeste do Paraná, na primavera.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa localizada nas coordenadas geográficas: latitude 24° 46' S, longitude 54° 22' W e altitude 420 m. O período de condução do experimento foi de novembro a dezembro de 2016.

De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, o clima é do tipo Cfa, mesotérmico, subtropical úmido (ALVARES et al., 2014) com chuvas bem distribuídas

durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C e a anual 22 e 23 °C. A umidade relativa está entre 70 a 75%. Os totais médios normais e precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais chuvoso apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

O solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). Os resultados das análises químicas das amostras de solo, coletadas a profundidade de 0-20 cm, da área experimental, encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon/PR- 2016

P	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							-----%-----	
121,25	21,87	5,47	2,20	0	1,59	4,24	3,13	5,50	11,82	72,42	0

Fonte: ABADE (2016)

Tabela 2- Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon/PR- 2016

Cu	Zn	Mn	Fe
-----mg dm <sup>-3</sup> -----			
12,20	8,90	88	48,50

Fonte: ABADE (2016)

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, sendo o primeiro fator os ambientes de cultivo (pleno sol, 30, 50 e 70% de sombreamento) e o segundo cultivares de rúcula (Folha Larga e Cultivada) e quatro blocos.

As cultivares utilizadas foram Folha Larga e Cultivada. A cv. Folha Larga apresenta folhas serrilhadas e largas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias. A cv. Cultivada possui folhas compridas e recortadas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias.

As plantas foram cultivadas em telados desenvolvidos especialmente para condução do experimento, estes foram cobertos com tela sombrite sustentada por tubos de bambu de diâmetro de 6 cm, dividido ao meio, em forma de arco. Os telados foram construídos em conformidade com os canteiros, tendo 1,20 m de largura por 3,50 m de comprimento, e 1,20

m de altura (Figura 1). A semeadura foi direta e após a germinação foi realizado o desbaste, adotando o espaçamento de 0,5 cm entre plantas e 0,15 cm entre linhas.



Figura 1- Telados com estrutura de bambu e cobertura de sombrite 30%, 50% e 70% de sombreamento.

A irrigação durante todo o ciclo foi realizada por aspersão e de acordo com as necessidades da cultura. A lâmina de evapotranspiração de cultura foi determinada a partir da medida de evaporação a cada dois dias em minitanques Classe A. A partir da lâmina de evaporação foi determinada a evapotranspiração de referência ( $E_{to}$ ) utilizando o coeficiente de tanque. A evapotranspiração de cultura foi estimada a partir de  $E_{to}$  e do coeficiente de cultura cujos valores foram de 0,38 (1° fase), 0,98 (2° fase), 1,03 (3° fase), 0,65 (4° fase) (SANTOS et al.,2015) .

A adubação foi parcelada em duas aplicações durante o ciclo, com base em análise química do solo e seguindo recomendações de Trani e Rajj (1996) ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2 O_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ ). A primeira aplicação foi realizada na data de semeadura e a segunda após quinze dias.

Em cada ambiente foi instalado *Datalogger* com sensor de temperatura e umidade relativa do ar da marca HOMIS modelo 494. Este equipamento foi instalado em abrigo meteorológico no centro de cada ambiente. Os registros de temperatura e umidade relativa do ar foram efetuados a cada hora. Os dados meteorológicos podem ser observados na Figura 2.

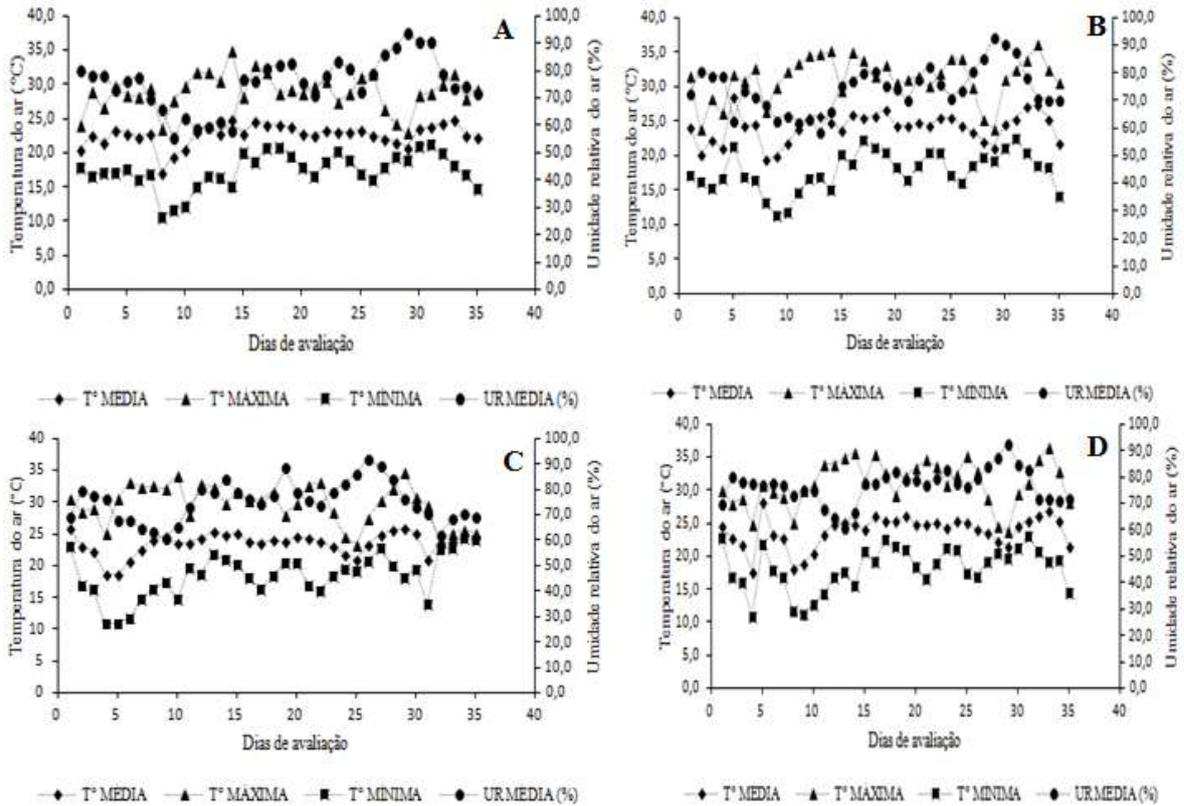


Figura 2- Dados de temperatura média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para os seguintes ambientes de cultivo: pleno sol (A); 30% (B); 50% (C) e 70% (D) de sombreamento para a cultura da rúcula no inverno. Marechal Cândido Rondon, PR- 2016.

Fonte: ABADE (2016)

Os dados de radiação solar global foram obtidos em Estação Meteorológica de observação de Superfície Automática – EMOSA/MCR. A partir destes dados e das especificações de cada tela fornecidos pelo fabricante quanto à sombra proporcionada por cada modelo, foi estimada a radiação solar global que seria observada em cada ambiente (Tabela 3).

Tabela 3- Médias mensais da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) a pleno sol e aproximação para os ambientes 30,50 e 70% de sombreamento, no período de 10/11/2016 a 15/12/2016. Marechal Cândido Rondon/PR- 2016

Mês	Radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ )			
	Pleno sol	30%	50%	70%
Novembro	24,7542	17,3279	12,3771	7,4263
Dezembro	21,7168	15,2018	10,8584	6,515

Fonte: ABADE (2016)

Coletas sucessivas de quatro plantas por parcela foram realizadas a partir do quinto dia após a emergência (DAE), com intervalos regulares de cinco dias, até o ponto de colheita,

35 DAE. Em cada coleta, foram avaliadas as seguintes variáveis: área foliar (AF) (cm<sup>2</sup>): pelo medidor de área foliar eletrônico (Li-Cor, L1-3100®); número de folhas (NF) (unidade); diâmetro do coleto (DC) (mm): mensurado na altura do colo da planta com paquímetro digital; a massa de matéria seca (MMS) (g): material submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 60 °C, por 72 horas, pesado em balança digital (precisão 0,01g) e altura da planta.

A partir destes dados, de acordo com Benincasa (2003) foram calculados: a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa de assimilação líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF), e a taxa de crescimento relativo da área foliar (TCR-AF).

A TCA, em g d<sup>-1</sup>, é calculada pela equação  $TCA = (MMS2 - MMS1) / (T2 - T1)$ , em que MMS2 é a massa seca total da parte aérea atual (g); MMS1 é a massa seca total da parte aérea inicial (g); T2 – T1 é o intervalo de tempo entre duas coletas (5 dias). A taxa de TCR, em g g<sup>-1</sup> por d<sup>-1</sup>, é calculada pela equação  $TCR = (ln MMS2 - ln MMS1) / (T2 - T1)$ , sendo que, *ln* é o logaritmo Neperiano. A TAL é calculada pela equação  $TAL = [(MMS2 - MMS1) / (T2 - T1)] \cdot [(ln AF2 - ln AF1) / (AF2 - AF1)]$ , em que AF2 e AF1 corresponde a área foliar total atual da parte aérea (cm<sup>2</sup>) nos tempos T2 e T1, respectivamente. A RAF, em cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> é calculada pela equação  $RAF = AF / MMS$ , sendo que AF é a área foliar atual (cm<sup>2</sup>); MST é a massa seca total atual (g). A TCR<sub>AF</sub>, em cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, é calculada pela equação  $TCR_{AF} = (ln AF2 - ln AF1) / (T2 - T1)$ , em que AF2 é a área foliar total atual da parte aérea (cm<sup>2</sup>) e *ln* é o logaritmo Neperiano.

A cultura foi mantida á campo até os 35 dias após emergência (DAE). Nesta data foram coletadas amostras de folhas completamente expandidas do terço médio da planta para determinação dos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides.

A determinação do teor de clorofila *a*, *b* e total foram realizadas segundo o método descrito por Sims e Gamon (2002), carotenóides (NAGATA; YAMASHITA, 1992). O sobrenadante foi submetido à leitura direta em espectrofotômetro a 663 nm (clorofila *a*), 647 nm (clorofila *b*) e 470 nm (carotenóides). As concentrações dos pigmentos foram estimadas de acordo com Lichtenthaler (1987).

A produção final da cultura foi calculada com base na massa de matéria fresca por planta obtida aos 35 DAE, sendo estimada para m<sup>2</sup>.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, seguido da análise de variância. A comparação entre as médias para as fontes de variações e

suas interações foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011).

As variáveis estudadas ao longo do ciclo de cultivo foram analisados por modelo sigmoidal em que as equações foram ajustadas, utilizando-se os parâmetros de correlação e de determinação para as variáveis avaliadas, em função das épocas de desenvolvimento da cultura e das cultivares de rúcula, empregando-se o programa estatístico SigmaPlot®.

Quanto aos parâmetros fisiológicos calculados na análise de crescimento, não foram realizadas análises de variância. Segundo Banzatto e Kronka (1989), não se pode afirmar que variáveis calculadas obedeçam às pressuposições básicas para esse tipo de análise.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento das plantas é avaliado pela variação de aspectos morfológicos como área foliar, número de folhas, diâmetro, massa seca e altura, entre outros. Estes possibilitam investigar aspectos fisiológicos, a exemplo, fotossíntese.

Por meio da distribuição de AF nos diferentes dias após emergência para todos os ambientes de cultivo (Figura 3), verificou-se que as plantas de rúcula das cultivares estudadas (Folha Larga e Cultivada) apresentaram crescimento inicial lento até 15 dias após a emergência (DAE).

Para cv. Folha Larga as médias de AF aos 15 DAE nas plantas cultivadas nos diferentes ambientes de cultivo foram: 28,01 cm<sup>2</sup> a pleno sol, 39,19 cm<sup>2</sup> a 30%, 41,44 cm<sup>2</sup> a 50% e 38,66 cm<sup>2</sup> a 70%. Enquanto que aos 35 DAE a AF foi máxima, apresentando as seguintes médias: 543,52 cm<sup>2</sup> a pleno sol, 667,48 cm<sup>2</sup> a 30%, 669,95 cm<sup>2</sup> a 50% e 509,88 cm<sup>2</sup> a 70%.

Para a cv. Cultivada aos 15 DAE as médias de AF foram: 24,78 cm<sup>2</sup> a pleno sol, 34,37 cm<sup>2</sup> a 30%, 44,86 cm<sup>2</sup> a 50% e 30,39 a 70%, em comparação com a AF aos 35 DAE (593,88 cm<sup>2</sup> a pleno sol, 676,98 cm<sup>2</sup> a 30%, 706,64 cm<sup>2</sup> a 50% e 434,78 a 70%).

O crescimento inicial lento até os 15 DAE é uma característica da espécie, a qual permanece até este momento em estágio vegetativo, com órgãos vegetais ainda em desenvolvimento, principalmente as folhas, é sabido que o crescimento e a produtividade das plantas são providos pela fotossíntese, a qual é realizada basicamente pelas folhas. Esse resultado é comum em hortaliças que estão em estádios de crescimento e desenvolvimento.

A partir dos 15 DAE, ambas cultivares apresentaram maior AF nos ambientes 30% e 50% de sombreamento, mantendo o comportamento até o final do ciclo.

A AF é um parâmetro importantíssimo a ser avaliado, um ambiente de cultivo que proporcione pequena AF não é indicado para cultivo da cultura, haja vista, que por se tratar de uma folhosa, maior AF é interessante. O resultado aqui obtido indica que 70% de sombreamento para a cultura da rúcula reduz a AF para as cultivares estudadas, o que faz desse ambiente não recomendado para cultivo dessa hortaliça na primavera.

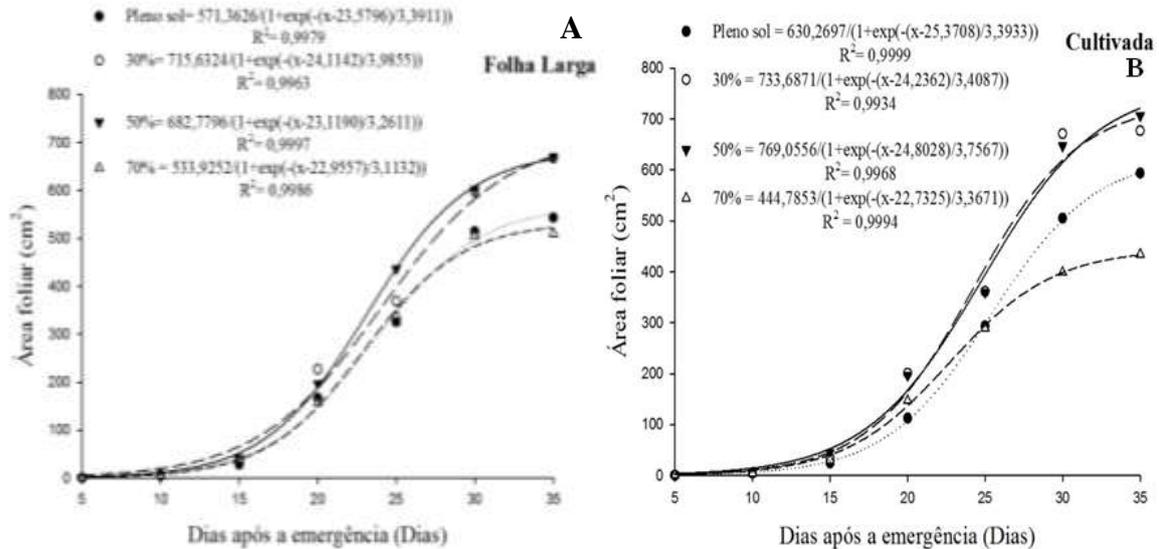


Figura 3- Área foliar em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

Para número de folhas houve significância ( $P > 0,05$ ) para interação entre ambiente e tempo de avaliação (Figura 4) e também ambiente e cultivar (Tabela 4). Para ambiente de cultivo e tempo de avaliação, ocorreu inicialmente menor número de folhas, permanecendo próximo nas plantas de todos os ambientes até os 20 DAE, após esse período plantas a pleno sol sobressaíram-se as demais com média de 8,5 folhas por planta (Figura 4).

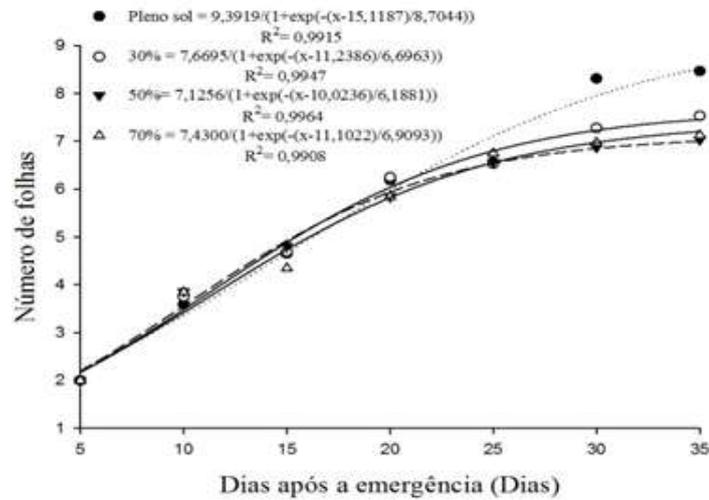


Figura 4- Número de folhas em plantas de rúcula em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

Maior NF foi observado a pleno sol para ambas cultivares (cv. Folha Larga = 5,88 e cv. Cultivada= 5,50). Quanto ao menor NF, constatou-se que a cv. Folha Larga apresentou menor valor a 50% de sombreamento (5,17), e a cv. Cultivada a 70% de sombreamento (5,20) (Tabela 4).

As cultivares apresentaram menor número de folhas quando cultivadas sob maiores níveis de sombreamento, este é esteja diretamente ligado a AF e conseqüentemente a MMS. O sombreamento reduz a radiação solar incidente sobre o tecido vegetal, podendo quando em níveis altos afetar o metabolismo do vegetal, interferindo nas funções básicas de manutenção. Plantas abaixo do limite trófico de radiação solar ( $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) tendem a ter comprometimento na produção e se a condição for prolongada a planta pode morrer.

Tabela 4- Número de folhas em plantas de rúcula cultivares Folha Larga e Cultivada, sob diferentes ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento).

Ambiente	Número de Folhas	
	Folha Larga	Cultivada
Pleno sol	5,88 Aa	5,50 aB
<b>Sombreamento</b>		
30%	5,58 bA	5,28 bcB
50%	5,17 cB	5,40 abA
70%	5,34 cA	5,20 cA
CV (%)	7,17	

\*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE (2016)

Quanto ao diâmetro do colete as duas cultivares mostraram comportamento similar. Ambas apresentaram maior diâmetro nos ambiente 30% (3,99 mm cv. Folha Larga e 3,63mm cv. Cultivada) e 50% de sombreamento (3,77 mm cv. Folha Larga e 3,71 mm cv. Cultivada) e menor a 70% (3,33 mm cv. Folha Larga e 2,98 mm cv. Cultivada) (Figura 5). O ganho em diâmetro é interessante até certo nível, principalmente quando se trata de hortaliças folhosas. Plantas com elevado diâmetro ficam mais fibrosas e com menor qualidade.

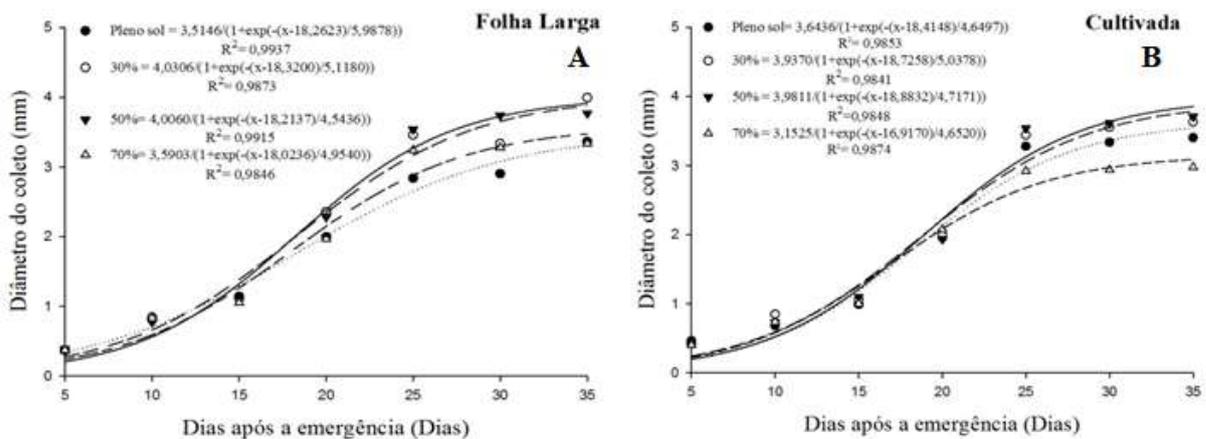


Figura 5- Diâmetro do colete em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017)

Com base nas figuras apresentadas, constatou-se incremento de matéria seca (Figura 6) e variação da área foliar (Figura 3), para as duas cultivares em todos os ambientes. Tendência sigmoideal foi verificada para as curvas obtidas dos ambientes avaliados para ambas cultivares (Figura 6).

A rúcula apresentou baixo acúmulo de matéria seca até o 20° DAE na cv. Cultivada e até o 25° DAE para a cv. Folha Larga. Após esta data, houve um rápido incremento de massa até o 35° DAE (Figura 6). Ambas cultivares apresentaram menor acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo quando cultivadas a 70% de sombreamento. Diante disso, não é recomendado uso deste sombrite para cultivo de rúcula cv. Folha Larga e Cultivada na primavera.

A maior parte (90%) da matéria seca acumulada pelas plantas durante seu crescimento é proveniente do processo fotossintético, o restante é proveniente dos minerais, então se o ambiente de cultivo compromete a produção de matéria seca, logo não é interessante seu uso para cultivos comerciais.

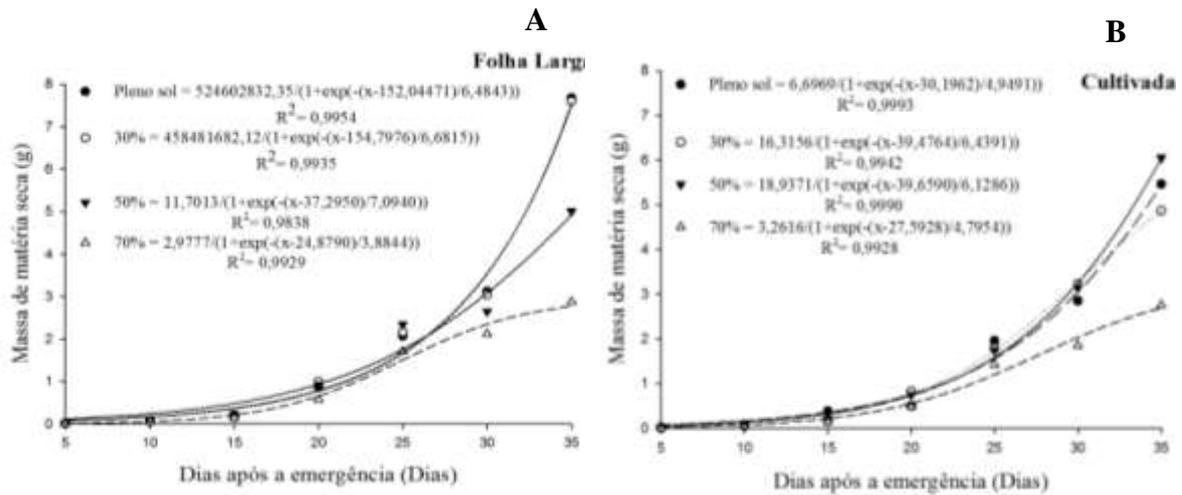


Figura 6- Massa de matéria seca em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

A altura de plantas foi diretamente influenciada pelo sombreamento. Plantas das duas cultivares a 70% de sombreamento apresentaram menor altura (20,29 cm cv Folha Larga e 19,76 cm cv. Cultivada) quando comparadas as demais (Figura 7).

É importante ressaltar que ambientes sombreados favorecem o estiolamento do caule, o que não foi detectado neste experimento. O estiolamento envolve alteração em várias características, como quantidades de pigmentos clorofilianos, características do ápice, raiz, folhas e altura.

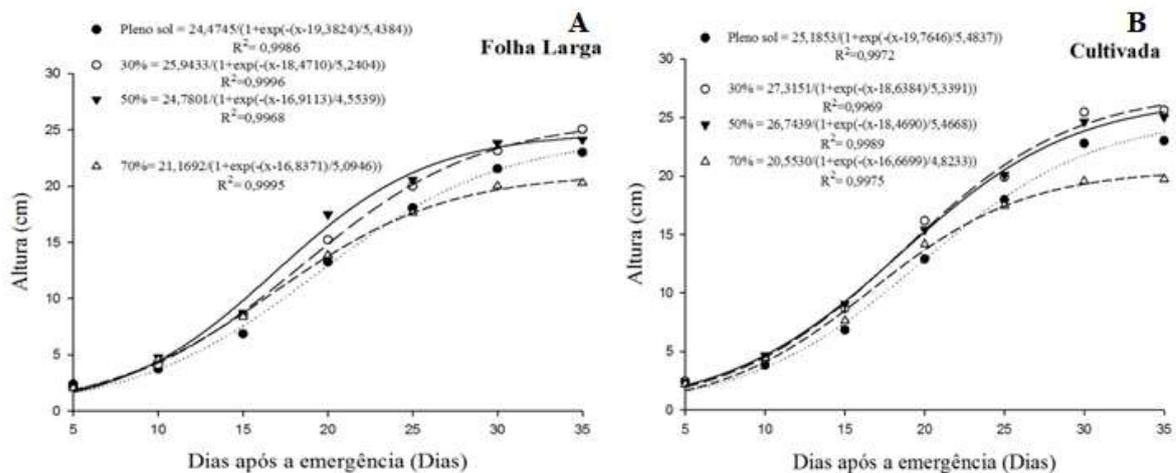


Figura 7- Altura em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

Características morfológicas são reflexo da interação do ambiente com o genótipo da planta, com isso, é interessante além de avaliar o crescimento dos órgãos vegetais, também quantificar o crescimento.

A análise quantitativa de crescimento de plantas permite verificar diferenças no crescimento devido a variações de ordem genética e respostas a variações ambientais. A RAF é considerada um componente morfológico, enquanto a TAL, TCR e TCR<sub>AF</sub> componentes fisiológicos de crescimento vegetal.

A cv. Folha Larga apresentou TCA constante e próxima para os quatro ambientes até 10° DAE (Figura 8A). Inicialmente a planta sobrevive das reservas da semente, o que justifica a baixa TCA, uma vez que essa é dependente do material vegetal que está sendo acumulado.

Do 10° ao 20° DAE o comportamento está de acordo com o esperado, pois com o desenvolvimento das folhas e consequente aumento da fotossíntese, há aumento do acúmulo da massa seca. Do 20° ao 25° DAE há uma queda brusca nos valores TCA, principalmente nos ambientes 50% e 70% de sombreamento, onde a incidência de radiação solar é menor (Figura 8A).

Após o 25° DAE os ambientes pleno sol e 30% de sombreamento se sobressaem aos demais apresentando maior TCA, possivelmente por esses ambientes proporcionarem maior exposição a radiação solar o que atenua os efeitos do auto sombreamento. Diante disso, pleno sol e 30% são os ambientes que proporcionam maior TCA ao longo de todo o ciclo da cultura, para cultivo de rúcula cv. Folha Larga.

Para a cv. Cultivada o crescimento inicial lento até os 10 DAE se repete, sendo justificado da mesma forma que para cv. Folha Larga. Aos 25 DAE observou-se queda brusca na TCA para a cv. Cultivada nos ambientes pleno sol e 70% de sombreamento (0,0753 g d<sup>-1</sup> e 0,0533 g d<sup>-1</sup>, respectivamente). O ambiente 30% proporcionou redução mínima da TCA em plantas da cv. Cultivada, permanecendo praticamente constante ao longo de todo ciclo, enquanto 50% destacou-se em função dos demais, apresentando TCA de 0,1305 g d<sup>-1</sup> no 30° DAE (Figura 8B).

Do 15º DAE até o final do ciclo, o ambiente 70% foi o que proporcionou menor TCA, chegando ao 30º DAE com 0,0795 g d<sup>-1</sup> (Figura 8B). Levando em consideração esse parâmetro, o ambiente menos indicado ao cultivo de rúcula seria 70% de sombreamento, pois proporcionou menor crescimento absoluto para as duas cultivares.

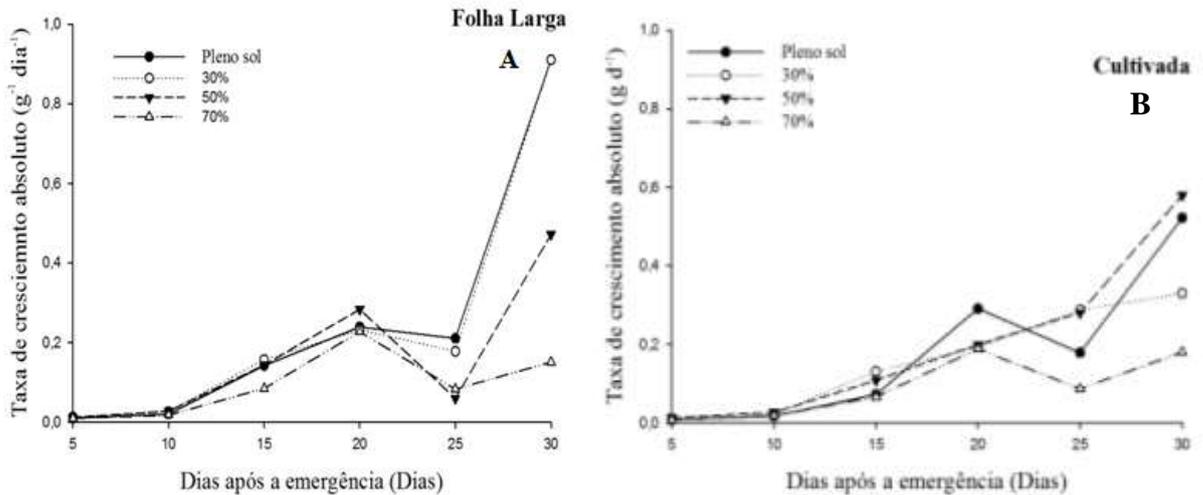


Figura 8- Taxa de crescimento absoluto (TCA) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

A TCR mede a velocidade média de crescimento ao longo do ciclo da cultura, em função do tempo, por meio do incremento entre duas amostragens em função do que a planta já tinha acumulado anteriormente.

Para cv. Folha Larga observou-se pico de TCR aos 15 DAE a pleno sol (0,3343 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (Figura 9A). Para cv. Cultivada aos 15 DAE o pico foi a 30%, (0,3165 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e depois aos 20 DAE para pleno sol (0,2728 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (Figura 9B).

Maior TCR foi observada para cv. Folha Larga a pleno sol, e plantas com maior TCR, geralmente são a que se desenvolvem mais rapidamente, e apresentam maior índice de área foliar, resultando em plantas mais produtivas e que crescem mais rápido.

O desempenho dos cultivares de rúcula nos quatro ambientes obedeceu ao esperado, observou-se diminuição TCR ao longo do ciclo. Normalmente as plantas tendem a diminuir a TCR à medida que crescem em virtude do auto sombreamento promovido pelas folhas. As curvas de TCA e TCR são distintas. Magalhães (1985) considera a TCR a medida mais apropriada para avaliação do crescimento vegetal.

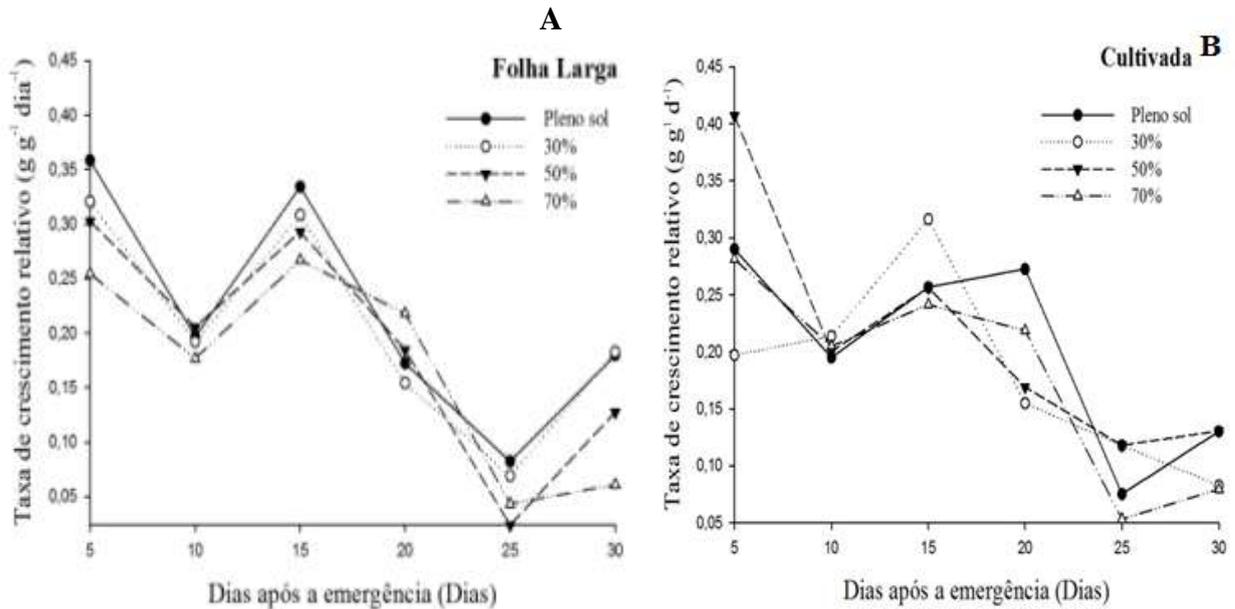


Figura 9- Taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

A TAL expressa à taxa de fotossíntese líquida (massa seca produzida por área foliar existente, num intervalo de tempo). Esse parâmetro é influenciado principalmente pela radiação solar. A TAL tende a aumentar no início do crescimento da planta e cair com o decorrer do crescimento, devido ao auto sombreamento.

Neste trabalho as duas cultivares tiveram menor queda da TAL nos ambientes pleno sol e 30% de sombreamento, nestes os níveis de radiação que chega são superiores aos demais ambientes.

No ambiente 70% de sombreamento os níveis de radiação solar estão abaixo do limite trófico de  $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (Tabela 3), o que justificaria menor TAL para as cultivares (Figura 10A e 10B). Além da menor radiação incidente ainda há auto sombreamento ocasionado pelo aumento da AF ao longo do ciclo. Neste ambiente observou-se menor AF (Figura 3) o que reduz a interceptação da luz, pois esta é influenciada pelo tamanho da superfície foliar à radiação solar.

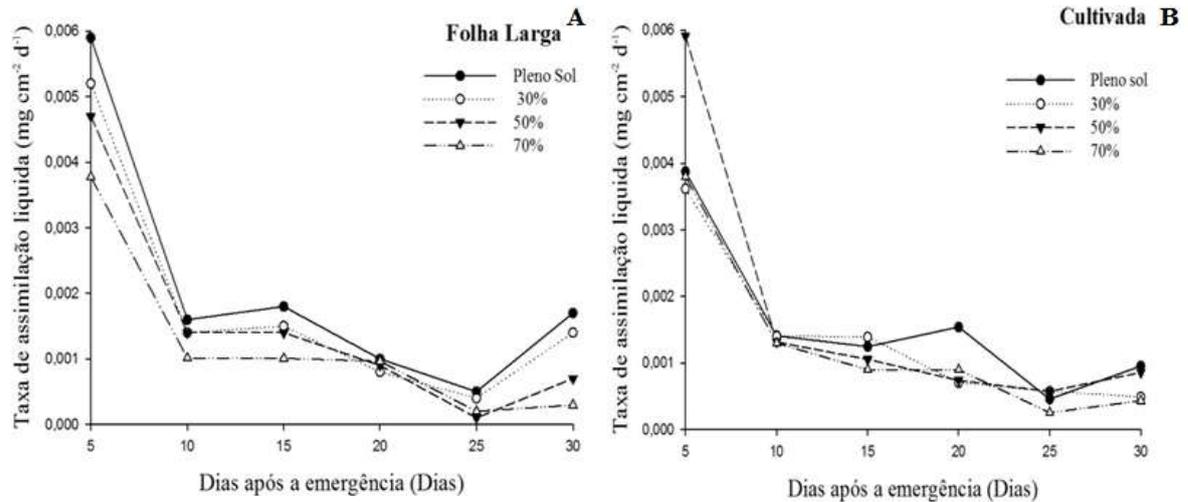


Figura 10- Taxa de assimilação líquida (TAL) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

A RAF expressa à área foliar útil para a fotossíntese, sendo a relação entre a área foliar e o que a planta produz de massa seca. Para esse parâmetro observou-se resultado inverso aos demais. Enquanto os ambientes de menor sombreamento apresentaram maiores valores de TCR, TCA e TAL, neste acontece o oposto, isso porque a quantidade de área foliar útil necessária para a fotossíntese é aumentada, devido à baixa incidência de radiação é necessário mais superfície de interceptação de luz. A pleno sol a razão de área foliar requerida para produção de massa seca é a menor entre todos os ambientes, comportamento similar nas duas cultivares (Figura 11A e 11B).

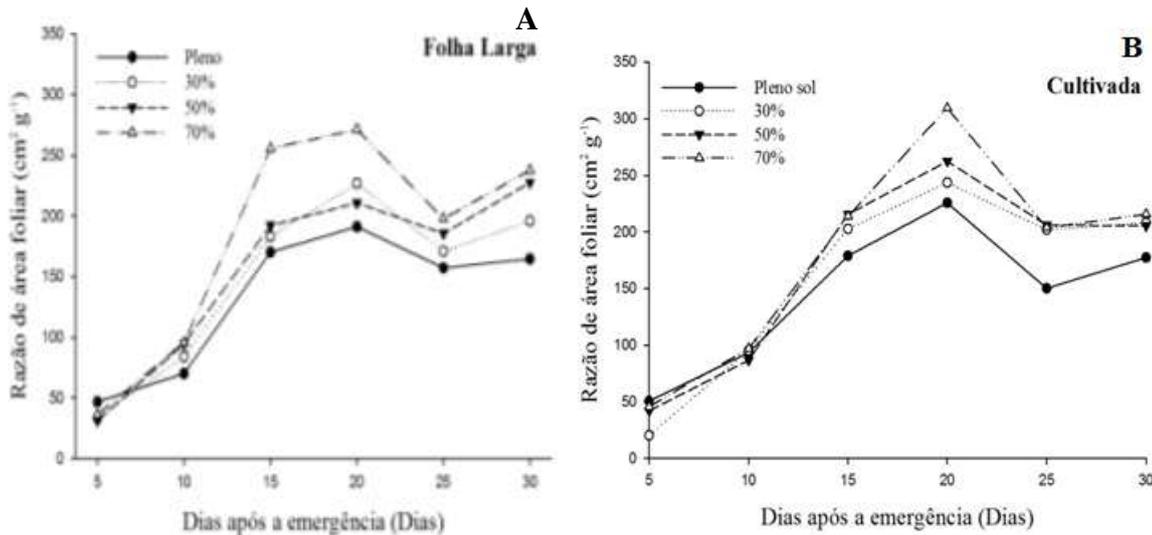


Figura 11- Razão de área foliar (RAF) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

A  $TCR_{AF}$  relaciona a superfície foliar com a massa seca da própria folha. Esta dá uma ideia da espessura foliar, que pode ser variável com o ambiente (luz). Assim como a TCR, tende a diminuir à medida que a planta cresce em virtude do auto sombreamento.

Para cv. Folha Larga os ambientes pleno sol, 30% e 50% de sombreamento apresentaram boa relação entre AF e massa seca, o que não aconteceu a 70% de sombreamento, nesse ambiente foi necessário maior AF para compensar a produção de massa seca da própria folha (Figura 12 A).

Para cv. Cultivada a redução em 30 e 50% da radiação solar favoreceu a  $TCR_{AF}$ , nesses ambientes mesmo com o auto sombreamento a massa seca da folha não foi significativamente afetada (Figura 12 B).

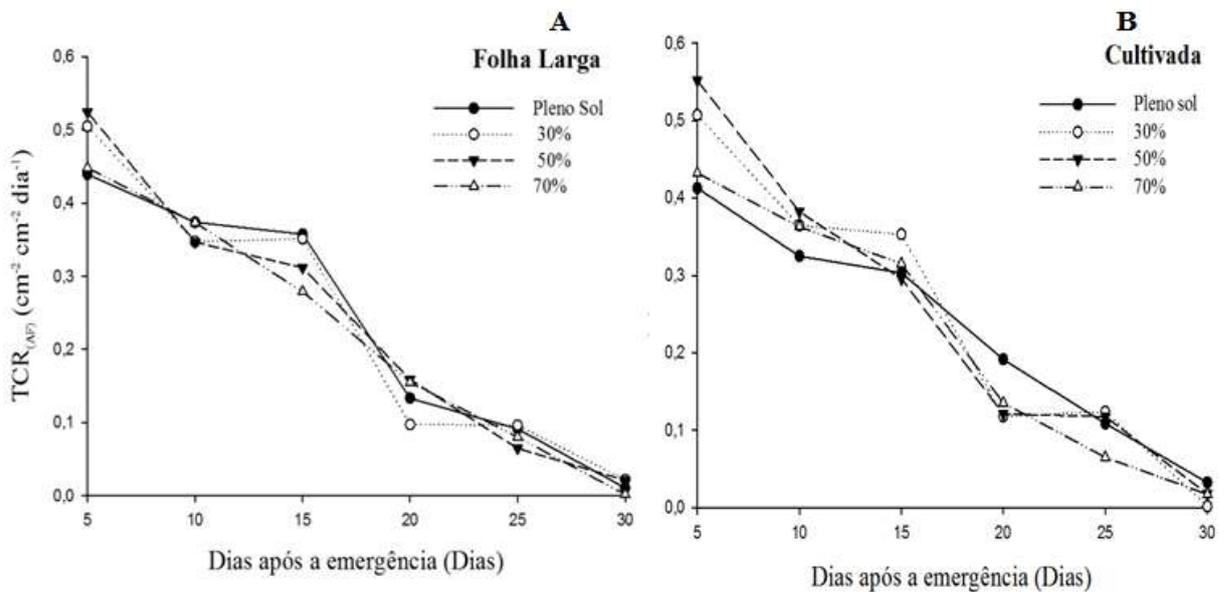


Figura 12- Taxa de crescimento relativo da área foliar ( $TCR_{AF}$ ) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2016)

Os parâmetros de crescimento avaliados acima estão diretamente relacionados à atividade fotossintética da planta, baseiam-se em medidas de AF e biomassa vegetal. A produção de biomassa por um órgão vegetal é dependente dos teores de pigmentos fotossintéticos presentes em determinada área do tecido vegetal.

Pela análise de variância foi verificado interações significativas entre cultivares e ambientes de cultivo, para os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides. A pleno sol a cv. Cultivada apresentou maior média ( $0,051 \text{ mg g}^{-1}$  de matéria fresca) de clorofila *a*, enquanto que a cv. Folha Larga apresentou maior teor ( $0,044 \text{ mg g}^{-1}$  de matéria fresca) a 50% de sombreamento. A 70% de sombreamento as cultivares não diferiram entre si, no entanto, esse tratamento se diferenciou dos demais níveis de sombreamento (Tabela 5).

Tabela 5- Teores de clorofila *a* (mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca), clorofila *b* (mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) em folhas de cultivares de Rúcula cultivada sob diferentes sombreamentos (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).

Ambiente	Clorofila <i>a</i>		Clorofila <i>b</i>	
	Folha Larga	Cultivada	Folha Larga	Cultivada
Pleno sol	0,034 bAB	0,051 aA	0,018 bB	0,041 aB
<b>Sombreamento</b>				
30%	0,030 aB	0,017 bB	0,019 bB	0,056 aA
50%	0,044 aA	0,019 bB	0,039 aA	0,025 bC
70%	0,026 aB	0,018 aB	0,025 aB	0,029 aBC
CV (%)	19,95		21,87	

\*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE (2016)

Para clorofila *b*, plantas com menor teor foram encontradas a 30% de sombreamento, no entanto, esse não se diferenciou estatisticamente dos tratamentos pleno sol e 50% de sombreamento. A cultivar com a maior média para clorofila *b* foi a Cultivada (0,056 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) quando em telado de 30% de sombreamento (Tabela 5).

Ambas as clorofilas desempenham papel diferente no metabolismo vegetal. A clorofila *b* absorve energia em comprimento de onda diferentes da clorofila *a* e a transfere para o centro de reação, maximizando, assim, a captura energética que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (TAIZ; ZEIGER, 2017). Para o bom funcionamento do metabolismo vegetal, o que importa não é somente a quantidade de luz que chega ao centro de reação para excitar a clorofila, mas também a qualidade da luz.

As variações de teores de clorofila pode ser justificado por estudos realizados que evidenciaram que os teores de clorofila variam muito entre as espécies, assim como entre genótipos de uma mesma espécie (LEE, 1988) e também em função do ambiente no qual estão sendo cultivadas.

Para clorofila total não foi observada diferença significativa entre as cultivares, no entanto, houve diferença entre os ambientes e na interação ambiente x cultivar. Maiores teores de clorofila total foram observados em plantas cultivadas á pleno sol para a cv. Cultivada, no entanto, esse não diferiu-se estatisticamente de 30 e 70% para esta cultivar. Menor teor foi observado para o cultivo em 50% de sombreamento para a Cultivada (0,045 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) . No estudo, a Cultivada apresentou maiores teores de clorofila total (Pleno sol), e os menores teores (50% de sombreamento) (Tabela 6).

Para os teores de carotenóides totais a cv. Folha Larga apresentou maiores teores, e quanto aos ambientes maiores médias foram observadas em plantas cultivadas a pleno sol, 50% e 70% de sombreamento, esses não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 6). Para os ambientes estudados, o que demonstrou menor teor de caroteno para a cv. Folha larga foi o 30% (0,036 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca), enquanto que para a cv. Cultivada, este ambiente foi o que apresentou maiores teores do pigmento (0,073 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca), quando comparado aos demais. Diante disso, observa-se diferenças adaptativas ao sombreamento para as duas cultivares.

Os teores de clorofila e carotenóides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas. Assim, as cultivares que apresentam maiores teores desses pigmentos, também possuem maior potencial fotossintético, pois captam a energia necessária às reações químicas que constituem a fotossíntese. Os carotenóides atuam nos vegetais como pigmentos fotoprotetores na fotossíntese, protegendo as clorofilas da foto-oxidação.

O acréscimo do teor de pigmentos fotossintetizantes em plantas submetidas a níveis crescentes de sombreamento é amplamente relatado na literatura (ENGEL, POGGIANI, 1991; CHARTZOULAKIS et al., 1995; ATROCH et al., 2001; ALMEIDA et al., 2005; GONÇALVES et al., 2005). Segundo Boardman (1977), o aumento relativo dos teores de clorofila *a*, *b* e total, além de carotenóides, é uma adaptação das espécies vegetais a condições de baixa irradiância, utilizada para maximizar a captura de radiação solar e, desta forma, acumular, eficientemente, matéria seca para crescimento satisfatório da planta.

Tabela 6- Teores de clorofila total (mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) e carotenóides totais (mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) em folhas de cultivares de Rúcula cultivada sob diferentes sombreamentos (pleno sol e 30%, 50% e 70% de sombreamento).

Ambiente	Clorofila Total		Carotenóides totais	
	Folha Larga	Cultivada	Folha Larga	Cultivada
Pleno sol	0,052 bB	0,092 aA	0,089 aA	0,066 bAB
<b>Sombreamento</b>				
30%	0,048 bB	0,073 aA	0,036 bC	0,073 aA
50%	0,084 aA	0,045 bB	0,096 aA	0,048 bBC
70%	0,051 bB	0,047 aB	0,061 aB	0,044 bC
CV (%)	17,36		14,17	

\*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE (2016)

A síntese de pigmentos fotossintéticos está relacionada ao local de crescimento e desenvolvimento da espécie vegetal. Ambientes sombreados estimulam a produção desses pigmentos para promover adaptação da cultura à diminuição da incidência de radiação solar, não afetando assim sua produtividade.

As plantas de rúcula apresentaram produção variando de 1,60 a 2,25 kg m<sup>-2</sup>, para uma colheita aos 35 DAE. Maior produção foi obtida em plantas cultivadas nos ambientes 30 e 50% de sombreamento, que não diferiram estatisticamente do pleno sol (Tabela 7). As médias obtidas estão condizentes com as produções obtidas por Purquerio et al. (2007), que obteve 2,27 kg m<sup>-2</sup> no ambiente protegido e 2,05 kg m<sup>-2</sup> no campo aberto aos 37 DAS em São Manuel – SP.

Neste estudo, menor produção foi encontrada para 70% de sombreamento (1,60 kg m<sup>-2</sup>). Esse resultado pode estar relacionado ao nível de radiação solar que chegou ao interior do ambiente, sendo 7, 4263 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> no mês de novembro e 6, 515 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> em dezembro (Tabela 7), ambos abaixo do limite trófico de aproximadamente 8,4 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (BECKMANN et al. 2006). A produtividade das plantas é determinada pela luz interceptada e pela conversão eficiente desta luz em produtos fotossintéticos.

Tabela 7- Produção (kg m<sup>-2</sup>) aos 35 DAE de rúcula cultivadas sob pleno sol e diferentes telados (30%, 50% e 70% de sombreamento).

<b>Tratamentos</b>	<b>Produção (kg m<sup>-2</sup>)</b>
Pleno Sol	1,94 ab
<b>Sombreamento</b>	
30%	2,25 a
50%	2,19 a
70%	1,60 b
CV (%)	20,86

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE (2016)

A radiação solar controla todas as variáveis climáticas e, é responsável pelo crescimento e desenvolvimento normal das culturas. O desenvolvimento normal só ocorre quando a quantidade de radiação líquida que chega as plantas for superior ao limite trófico, é nesse nível que as plantas produzem o mínimo de fotoassimilados necessários a sua

manutenção. Quando o mesmo não é atingido o crescimento é paralisado e, caso persista, as plantas podem morrer.

## **2.6 CONCLUSÃO**

Os dados de produção não diferiram estatisticamente entre os ambientes pleno sol, 30% e 50% de sombreamento, devido a isso, não é economicamente viável o uso de sombrite para produção de rúcula na primavera, pois os custos com manejo e mão de obra não justificam o uso dos mesmos. O cultivo a pleno sol garante produção satisfatória, e elimina custos operacionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. M. Z. ; SOARES, A. M.; CASTRO, E. M. de.; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E. B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 35, n.1, p.62-68, jan./fev. 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33135110>>. Acesso em: 30 out. 2017.
- ALVARES, C. A; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A. de.; CASTRO, E. M. de. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidas à diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2001.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. Jaboticabal, UNESP. 247p. 1989.
- BECKMANN, M. Z. ; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 1, p. 86-92, jan./fev.2006. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782006000100013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000100013)>. Acesso em: 20 agos. 2017.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal, FUNEP. 41p. 2003.
- BOARDMAN, N, K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, p. 355-37, 1977.
- CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e números de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 4, p.986-989, out./dez.2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/hb/v23n4/a25v23n4.pdf>>. Acesso em: 20 agos. 2017.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Versão 1.0. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2000. CD-ROM.
- CHARTZOULAKIS, K. ; THERIOS, I.; NOITSAKIS B. Effects of shading on gas exchange specific leaf weight and chlorophyll content in four Kiwifruit cultivars under field conditions. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 4, p. 605-611,1995.
- COSTA, C. M. F. da; SEABRA JÚNIOR, S. ; ARRUDA, G. R. de; SOUZA, S. B. S. de. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 32, n. 1, p. 93-102, 2011.

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

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

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

GONÇALVES, J. F. de C.; BARRETO, D. C. de S.; SANTOS JUNIOR, U. M. dos.; FERNANDES, A. V.; SAMPAIO, P. de T. B.; BUCKERIDGE, M. S. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Braz. J. Plant Physiol.**, Londrina, PR, v. 17, n. 3, p. 325-344, July/sept. 2005.

GUSMÃO, S. A. L. de; LOPES, P. R. de A.; SILVESTRE, W. V. D.; OLIVEIRA NETO, C. F. de O.; PEGADO, D. S.; SILVA, C. L. P. da ; SANTOS, L. F. da S.; FERREIRA, S. G. **Cultivo de rúcula nas condições do Trópico Úmido em Belém**. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/olfg4031c.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

HENZ, G. P; METTOS LM. **Manuseio pós-colheita de rúcula**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 7 p. (Comunicado Técnico, 64).

LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, v. 4, p. 281-292, 1988.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Meth Enzymol**. p. 350-382, 1987.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo, EPU, 1985. V.1, p.363 - 50.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Japanese Society for Food Science and Technology**, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.

PIGNONE, D. **Present status of rocket genetic resources and conservation activities**. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. Rocket: A mediterranean crop for the world. Report of a Workshop. 1996, Legnaro (Padova), Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1997. p.2-12.

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasileira, DF, v. 25, n. 3, p. 464-470, jul./set. 2007. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/hb/v25n3/a28v25n3.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Horticultura, Campinas, SP, 2006. Disponível em: < <http://www.abhorticultura.com.br/Biblioteca/Default.asp?id=6658>>. Acesso em: 08 set. 2017.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R.; JACOBY, C. F. S. Efeito do espaçamento e do número de por cova na produção de rúcula nas estações outono e inverno. **Ciência agrotecnologia**, v.29, n. 5, p. 953-959, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n5/a06v29n5.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2017.

SAMPAIO, I. M. G.; SILVA, F. W. A.; SOUZA, G. T.; JESUS, P. M. M.; MIRANDA, T. S.; GUSMÃO, S. A. L. Biofertilizante na fitossanidade e produção de rúcula. IN: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 10. 2012. Belém. **Anais...** Belém, 2012.

SANTOS, L. W.; SILVA, C. B.; SILVA, J. C. da; ALVES, É. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo da rúcula (*Eruca sativa*) cultivada na Região Agreste do Estado de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25., 2015, São Cristóvão. **Anais...** São Cristóvão/SE, 2015. p. 941-946.

SANTOS, H. G. dos; ALMEIDA, J. B. de; LUMBREAS, J. F.; ANJOS, L. H. C. dos; COELHO, M. Z. ; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. O. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p

SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; PINTO, C. L. de O. **Rúcula (*Eruca sativa*)**. In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Coord.). 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 683-686.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, n.1, p. 337-354, 2002.

SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. FERREIRA, D. dos R. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* schultz bip. Ex baker (guaco) cultivadas sob malhas coloridas. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, GO, v. 7, n. 12, p. 1-14, 2011. Disponível em: < <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/teores%20de%20pigmentos.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 35, n. 3, p. 748-755, mai./jun.2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n3/a43v35n3.pdf>. Acesso em: 02 agos. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. ArtMed, Porto Alegre, 2013, 954 p

TSUNOYAMA, Y.; MORIKAWA, K.; SHIINA, T.; TOYOSHIMA, Y. Blue light specific and differential expression of plastid sigma factor, Sig5 in *Arabidopsis thaliana*, FEBS lett. **Plant Physiology**, v.516, n. 1-3, p. 225-228, 2001.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, p.157-186, 1996. (Boletim técnico, n. 100).

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC. 1992. 8p. (Boletim técnico 146).

### 3 ARTIGO II- DESEMPENHO DE CULTIVARES DE RÚCULA EM AMBIENTE PROTEGIDO NA PRIMAVERA

Mayra Taniely R Abade<sup>1</sup>; Élcio S Klosowski<sup>2</sup>; José Renato Stangarlin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Agronomia -PPGA, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, mayra\_agro2011@hotmail.com;

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, elciok1@yahoo.com.br; <sup>3</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, jose.stangarlin@unioeste.br

#### 3.1 RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller), como a maioria das espécies pertencentes à família Brassicaceae, apresenta mecanismo fotossintético C3, fato que pode ser explicado pelo seu centro de origem. Em espécies características de mecanismo fotossintético C3, a fotossíntese satura com aproximadamente 1/3 da radiação máxima de um dia de verão nos trópicos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de três cultivares de rúcula, nas condições do Oeste do Paraná, na primavera em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com três cultivares e oito blocos, totalizando 24 unidades experimentais. As cultivares utilizadas foram Cultivada, Donatella e Folha Larga. As cultivares de rúcula Folha Larga e Cultivada, apresentaram maiores área foliar, número de folhas, massa de matéria seca e, como consequência maiores taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar e taxa de crescimento relativo da área foliar. Para estas cultivares também foram observados maiores teores de clorofila *a*, *b* e total, além de carotenóides de forma a permitir acúmulo de matéria seca para crescimento satisfatório da planta. A maior produtividade (11,36 kg m<sup>-2</sup>) foi encontrada para a cv. Folha Larga. A produtividades das cultivares Donatella e Cultivada foram superiores à média encontrada por outros autores.

**Palavras chave:** *Eruca sativa* Miller. Crescimento vegetal. Pigmentos fotossintéticos.

### 3.2 ABSTRACT

The arugula (*Eruca sativa* Miller), like most species belonging to the Brassicaceae family, presents C3 photosynthetic mechanism, fact that can be explained by its center of origin. In species characteristic of C3 photosynthetic mechanism, photosynthesis saturates with approximately 1/3 of the maximum radiation of a summer day in the tropics. Thus, the objective of this work was to evaluate the growth of three cultivars of arugula, in the conditions of the West of Paraná, in the spring in protected environment. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three cultivars and eight blocks, totaling 24 experimental units. The cultivars used were Cultivada, Donatella and Folha Larga. The cultivars of Arugula Folha Larga and Cultivada showed larger leaf area, number of leaves, dry matter mass and, as a consequence, higher relative growth rate, relative growth rate, leaf area ratio and leaf area relative growth rate. For these cultivars were also observed higher levels of chlorophyll *a*, *b* and total, in addition to carotenoids in order to allow accumulation of dry matter for satisfactory growth of the plant. The highest productivity (11.36 kg m<sup>-2</sup>) was found for cv. Long Leaf. The yields of the cultivars Donatella and Cultivada were higher than the average found by other authors.

**Keywords:** *Eruca sativa* Miller. Plant growth. Photosynthetic pigments.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller), como a maioria das espécies pertencentes à família Brassicaceae, apresenta mecanismo fotossintético C3, fato que pode ser explicado pelo seu centro de origem, região Mediterrânea e Oeste da Ásia. Esse grupo das hortaliças folhosas é rico em potássio, enxofre, ferro e vitaminas A e C (GENUNCIO et al., 2011).

Em espécies características de mecanismo fotossintético C3, grupo que a rúcula faz parte, a fotossíntese satura com aproximadamente 1/3 da radiação máxima de um dia de verão nos trópicos. A produção de plantas de rúcula é comprometida quando exposta a condições de radiação solar acima do máximo de um dia de verão.

Mediante isso, o ambiente protegido tem permitido aumento da produção dessa hortaliça por possibilitar o cultivo em estações do ano de maior incidência de radiação solar (primavera e verão), antes considerados períodos de entressafra, além de permitir seu cultivo em regiões mais quentes.

O uso de estufas plásticas modifica a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar. As relações entre as condições climáticas e a produção agrícola são complexas, pois afetam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sob diferentes formas, nos diversos estádios das culturas (CARON et al., 2007).

O crescimento e desenvolvimento normal das culturas só ocorrem quando a quantidade de radiação recebida for superior ao limite trófico. Para a maioria das hortaliças, esse nível é de aproximadamente  $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , considerado como nível em que a planta produz o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção (FAO, 1990; ANDRIOLO, 2000).

A fim de medir o crescimento vegetal surgiu o estudo da análise de crescimento, sendo amplamente utilizado para acompanhar o padrão de crescimento da planta ou de partes dela, permitindo inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal, sendo útil no estudo de variações entre plantas geneticamente diferentes ou sob diferentes condições ambientais (AGUILERA; PERREIRA; CECON, 2004; BRAGANÇA et al., 2010).

Esta análise baseia-se na produção fotossintética ao longo do desenvolvimento da cultura desde o embrião, permitindo conhecer o acúmulo de matéria orgânica das plantas, sua distribuição e eficiência em ambiente natural ou controlado (BENINCASA, 2003).

As alterações na intensidade luminosa no ambiente de cultivo proporcionam ajustes do aparelho fotossintético das plantas, os quais resultam na maior eficiência na absorção e

transferência de energia para os processos fotossintéticos. Nesse contexto, os teores dos pigmentos cloroplastídicos, clorofila e carotenóides, podem ser utilizados como importantes marcadores de ambientação do vegetal (SOUZA et al., 2011).

A rúcula tem seu desenvolvimento favorecido por condições de temperaturas amenas, mesmo assim sua sementeira é recomendada para o ano todo, tendo sido cultivada ao longo do ano em diferentes regiões brasileiras (FILGUEIRA, 2013). Resultado comprovado por Gusmão (2003), que cultivando rúcula nas condições de Belém/PA, sob altas temperaturas e umidade do ar, mesmo assim verificou desenvolvimento normal quando comparado ao de regiões de temperaturas amenas.

O cultivo de rúcula apresenta limitações, tendo sua produção afetada no verão, principalmente em decorrência da sensibilidade às condições adversas de temperatura, umidade e chuva (PURQUEIRO et al, 2007). A temperatura do ar é a principal determinante da taxa de crescimento da cultura, alterando o período total entre a sementeira e a colheita.

Considerando que a radiação solar é de importância vital às plantas, o maior desafio é selecionar cultivares que apresentem altas produtividades sob elevadas temperaturas. Neste estudo, objetivou-se avaliar a morfometria, o crescimento e os teores de pigmentos fotossintetizantes em três cultivares de rúcula, nas condições do Oeste do Paraná, na primavera em ambiente protegido.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido localizado nas coordenadas geográficas: latitude 24° 46' S, longitude 54° 22' W e altitude 420 m. O período de condução do experimento foi de outubro a novembro de 2015.

De acordo com a classificação proposta por Köppen, o clima é do tipo Cfa, mesotérmico, subtropical úmido (ALVARES et al., 2014) com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C e a anual 22 e 23 °C. A umidade relativa está entre 70 a 75%. Os totais médios normais e precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais úmido apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

O solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013 ). Os resultados das análises químicas das amostras de

solo, coletadas a profundidade de 0-20 cm, da área experimental, encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.

P	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							-----%-----	
191,15	21,87	6,29	2,65	0,00	1,19	4,02	2,26	7,47	10,12	73,81	0,00

Fonte: ABADE (2016)

Tabela 2- Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.

Cu	Zn	Mn	Fe
-----mg dm <sup>-3</sup> -----			
13,90	13,50	107,30	29,20

Fonte: ABADE (2016)

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com três cultivares de rúcula (Cultivada, Donatella e Folha Larga) e oito blocos, totalizando vinte e quatro unidades experimentais.

A cv. Cultivada possui folhas compridas e recortadas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias. A cv. Donatella apresenta precocidade, uniformidade do ponto de colheita/corte, indicada para produção de Baby Leaf, possui excelente produtividade, folhas lisas, verde escura e ciclo de 40 a 60 dias. A cv. Folha Larga possui folhas serrilhadas e largas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias.

As plantas foram cultivadas em ambiente protegido com teto em arco, revestida com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura) e laterais protegidas com tela branca de 40% de sombreamento.

A semeadura foi direta em canteiros de 1,20 m de largura e 2 m de comprimento, logo após a germinação realizou-se desbaste, adotando espaçamento de 0,5 cm entre plantas e 0,15 cm entre linhas. A irrigação durante todo o ciclo foi realizada de forma localizada e de acordo com as necessidades da cultura, sendo aplicada lâmina média diária de 3,8 mm dia<sup>-1</sup>.

A adubação foi parcelada em duas aplicações durante o ciclo com base em análise química de solo e seguindo recomendações de Trani e Raji (1996) (80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 22 kg ha<sup>-1</sup>

de  $P_2O_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ ). A primeira aplicação foi realizada na data de semeadura e a segunda após quinze dias.

No interior do ambiente foi instalado *Datalogger* com sensor de temperatura e umidade relativa do ar da marca Homis modelo 494. Este equipamento foi instalado em abrigo meteorológico no centro da área experimental a 1,5 m de altura. Os dados meteorológicos podem ser observados na Figura 1.

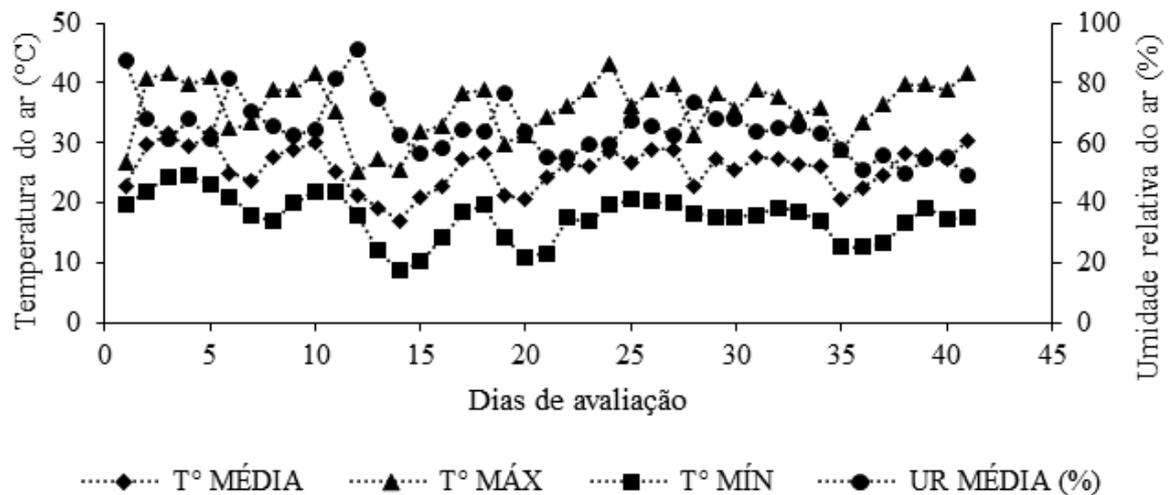


Figura 1- Dados de temperaturas média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para ambiente protegido no inverno. Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.

Fonte: ABADE (2016)

Coletas sucessivas de quatro plantas por parcela foram realizadas a partir do quinto dia após a emergência (DAE), com intervalos regulares de cinco dias, até o ponto de colheita, 40 DAE. Em cada coleta, foram avaliadas as seguintes variáveis: área foliar (AF) ( $\text{cm}^2$ ): pelo medidor de área foliar eletrônico (Li-Cor, L1-3100®); número de folhas (NF) (unidade); diâmetro do coleto (DC) (mm): mensurado na altura do colo da planta com paquímetro digital; massa de matéria seca (MMS) (g): material submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , por 72 horas, pesado em balança digital (precisão  $0,01\text{g}$ ) e altura da planta.

A partir destes dados, de acordo com Benincasa (2003) foram calculados: taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa de assimilação líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF), e a taxa de crescimento relativo da área foliar (TCR-AF).

A TCA, em  $\text{g d}^{-1}$ , é calculada pela equação  $TCA = (MMS2 - MMS1) / (T2 - T1)$ , em que MMS2 é a massa seca total da parte aérea atual (g); MMS1 é a massa seca total da parte aérea inicial (g);  $T2 - T1$  é o intervalo de tempo entre duas coletas (5 dias). A taxa de TCR, em  $\text{g g}^{-1}$  por  $\text{d}^{-1}$ , é calculada pela equação  $TCR = (\ln MMS2 - \ln MMS1) / (T2 - T1)$ , sendo que,  $\ln$  é o logaritmo Neperiano. A TAL é calculada pela equação  $TAL = [(MMS2 - MMS1) / (T2 - T1)] \cdot [(\ln AF2 - \ln AF1) / (AF2 - AF1)]$ , em que AF2 e AF1 corresponde a área foliar total atual da parte aérea ( $\text{cm}^2$ ) nos tempos T2 e T1, respectivamente. A RAF, em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  é calculada pela equação  $RAF = AF / MMS$ , sendo que AF é a área foliar atual ( $\text{cm}^2$ ); MMS é a massa seca total atual (g). A  $TCR_{AF}$ , em  $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ , é calculada pela equação  $TCR_{AF} = (\ln AF2 - \ln AF1) / (T2 - T1)$ , em que AF2 é a área foliar total atual da parte aérea ( $\text{cm}^2$ ) e  $\ln$  é o logaritmo Neperiano.

Ao final do experimento as folhas completamente expandidas foram coletadas do terço médio da planta para determinação dos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides. A determinação do teor de clorofila *a*, *b* e total foram realizadas segundo o método descrito por Sims e Gamon (2002) e os carotenóides conforme Nagata e Yamashita (1992). O sobrenadante foi submetido à leitura direta em espectrofotômetro a 663 nm (clorofila *a*), 647 nm (clorofila *b*) e 470 nm (carotenóides). As concentrações dos pigmentos foram estimadas de acordo com Lichtenthaler (1987).

A produção final da cultura foi calculada com base na massa de matéria fresca por planta obtida aos 40 dias, sendo estimada para  $\text{m}^2$ .

A comparação entre as médias para as fontes de variações e suas interações foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011).

As variáveis estudadas ao longo do ciclo de cultivo foram analisadas por modelo sigmoidal, em que as equações foram ajustadas, em função das épocas de desenvolvimento da cultura e das cultivares de rúcula, empregando-se o programa estatístico SigmaPlot®.

Quanto aos parâmetros fisiológicos calculados na análise de crescimento, não foram realizadas análises de variância. Segundo Banzatto e Kronka (1989), não se pode afirmar que variáveis calculadas obedecem às pressuposições básicas para esse tipo de análise, sendo utilizada, análise descritiva.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, verificou-se que os parâmetros avaliados foram significativamente ( $p < 0,05$ ) influenciados pelas cultivares e dias após a emergência, excetuando-se diâmetro do coleto e altura (Figura 2C e 2F). As interações significativas ( $p < 0,05$ ) entre os fatores estudados indicam interdependência entre eles.

Inicialmente as plantas dependem das reservas da semente para produção dos órgãos e sua manutenção. Cada nova folha formada ao longo do ciclo contribui para a interceptação da luz, favorecendo o processo fotossintético. No início do ciclo a contribuição de cada folha é mínima, o que justifica os valores encontrados inicialmente para os parâmetros.

Comparando-se os resultados dos parâmetros avaliados, verifica-se que as cultivares Cultivada, Donatella e Folha Larga diferem entre si quanto à área foliar, número de folhas e massa de matéria seca (Figura 2A, 2B e 2E). Isso pode estar relacionado com o melhoramento genético da cultura, que tornou algumas cultivares mais tolerantes a altas temperaturas, alta intensidade luminosa, conforme Feltrim et al. (2005).

Quanto à área foliar, todas as cultivares apresentaram comportamento crescente, acompanhando o incremento do número de folhas. A cv. Cultivada destacou-se alcançando uma área de  $4825,54 \text{ cm}^2$ . Os valores de área foliar mantiveram-se próximos para as três cultivares até praticamente os 30 DAE.

Os valores de área foliar praticamente constante nos primeiros quinze dias de cultivo se deve ao crescimento inicial lento da cultura, e também por ter sido realizada semeadura direta, estando nesse período a planta ainda sobrevivendo das reservas da semente. A área foliar representa a matéria prima para a fotossíntese e, como tal, é de grande importância para a produção de carboidratos, fibras, proteínas, etc.

Por se tratar de um cultivo de primavera onde as temperaturas do ar ultrapassam os limites máximos da cultura ( $18^\circ\text{C}$ ), o resultado de área foliar encontrado para a cv. Cultivada fazem desta uma boa opção de cultivo mediante essas condições. Plantas com maior área fotossintética, conseqüentemente, terão maior produção de fotoassimilados, resultando em crescimento e desenvolvimento.

Aos 40 DAE as cultivares Cultivada e Folha Larga apresentaram 21,61 e 21,76 folhas por planta, respectivamente, enquanto a cv. Donatella 17,94 folhas por planta (Figura 2A). O maior incremento de folhas nas cultivares Folha Larga e Cultivada confere teoricamente maior área foliar, e conseqüentemente maior atividade fotossintética, proporcionando efeito na produção final.

Os maiores números de folhas encontrados para as cultivares Cultivada e Folha Larga, torna seu cultivo mais indicado, quando comparado a Donatella, no entanto, é importante ressaltar que esses resultados condizem à condição de cultivo que foram submetidas.

Do ponto de vista comercial é interessante plantas com maior número de folhas, pois se trata de uma hortaliça folhosa, sendo a parte da planta mais avaliada pelo consumidor no momento da compra da hortaliça (ALVES et al., 2012).

O número de folhas obtidos para as três cultivares está acima dos encontrados por Lima et al (2013) que constataram valores de 11,9 e 16,9 folhas por planta. Estes resultados evidenciam que o cultivo em ambiente protegido na primavera possibilita boas condições para o desenvolvimento das cultivares de rúcula, gerando incremento no número de folhas.

O diâmetro do coleto variou significativamente em função do tempo após a emergência. A partir dos 15 DAE, o aumento no diâmetro do coleto foi mais pronunciado e aos 40 DAE atingiu 6,51mm (Figura 2C). O incremento no diâmetro é reflexo dos produtos da fotossíntese, estando diretamente ligado ao número de folhas e área foliar. Do ponto de vista comercial, este incremento de diâmetro em rúcula não é interessante, no entanto, ocorre devido ao crescimento secundário.

A matéria seca acumulada pela planta representa o “produto final” e é utilizada para medir o crescimento vegetal. Neste trabalho, os valores de massa seca foram praticamente iguais à zero até os 15 DAE, nesse período a planta estava se desenvolvendo, sem produzir fitomassa. A partir desta data houve acúmulo de massa seca.

As cultivares Folha Larga e Cultivada apresentaram maior acúmulo de massa seca em relação à Donatella, especialmente a partir de 35 DAE. O número de folhas apresentado pelas cultivares Cultivada e Folha Larga proporcionou este acúmulo de massa seca de 27,25 g e 26,08 g, respectivamente, aos 40 DAE.

A matéria seca (Figura 2E) nas cultivares Folha Larga e Cultivada é o reflexo da maior AF, o valor dessa variável está associado diretamente ao da área fotossintética da planta. No entanto, nem sempre área foliar e matéria seca são proporcionais, pois plantas de rúcula quando cultivadas sob intensidade luminosa contínua tende a enrijecer a parede celular, a fim de proteger o material celular da fotoxidação. O aumento de parede interfere na massa do vegetal, sem alterar a área foliar. Do ponto de vista comercial, essa condição não é adequada, pois torna a hortaliça menos palatável e mais fibrosa.

Dessa forma, a rúcula seguiu crescimento de AF e de massa seca ao longo da sua ontogenia, conforme observado também para a cultura do rabanete (PISCO; ARENAS, 2006;

PÉDO et al.,2010). O acúmulo de matéria seca é interessante, pois determina maior produção, o que é um diferencial na hora da escolha da cultivar a ser cultivada.

A massa seca das plantas está diretamente associada à capacidade de fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico, pela fotossíntese, e esta é tanto mais elevada quanto maior for a AF. Entretanto, o ganho de massa não pode ser atribuído apenas à AF, mas também à capacidade de aproveitamento da energia luminosa, que envolve, sobretudo o mecanismo de fixação de carbono, que é o responsável principal por governar o crescimento e o desenvolvimento vegetal (CARON et al., 2012).

Para altura da planta não houve interação significativa, a diferença foi apenas para as distintas datas. Até os 10 DAE a altura manteve-se constante, desse ponto até os 35 DAE as plantas apresentaram padrão de crescimento exponencial, passando para sigmoide até 40 DAE (Figura 2F).

A altura em plantas de rúcula não é sinônimo de ganho em produção, normalmente as plantas tendem a crescer em altura quando se aproxima o final do ciclo, antes do pendoamento. Mediante isso, é importante que a colheita seja feita antes desse momento, para garantir qualidade do produto.

O desenvolvimento da rúcula é bastante influenciado pelas condições ambientais, dentre as quais se destaca a temperatura do ar. Para produção de folhas grandes e tenras é necessário que a temperatura do ar durante o ciclo esteja entre 15 e 18 °C, sendo que a melhor época de cultivo ocorre de março a julho (outono/inverno) (TRANI et al., 1992). Segundo Taiz e Zeiger (2017), a temperatura afeta a velocidade das reações químicas e dos processos internos de transporte dos solutos e o desenvolvimento normal das plantas.

Durante a condução do experimento, as temperaturas médias, mínima e máxima registradas foram, respectivamente, 17,56 °C e 35,82, °C (Figura 1), valor de máxima superior ao considerado ideal para a cultura [15 °C e 18 °C (TRANI et al., 1992)].

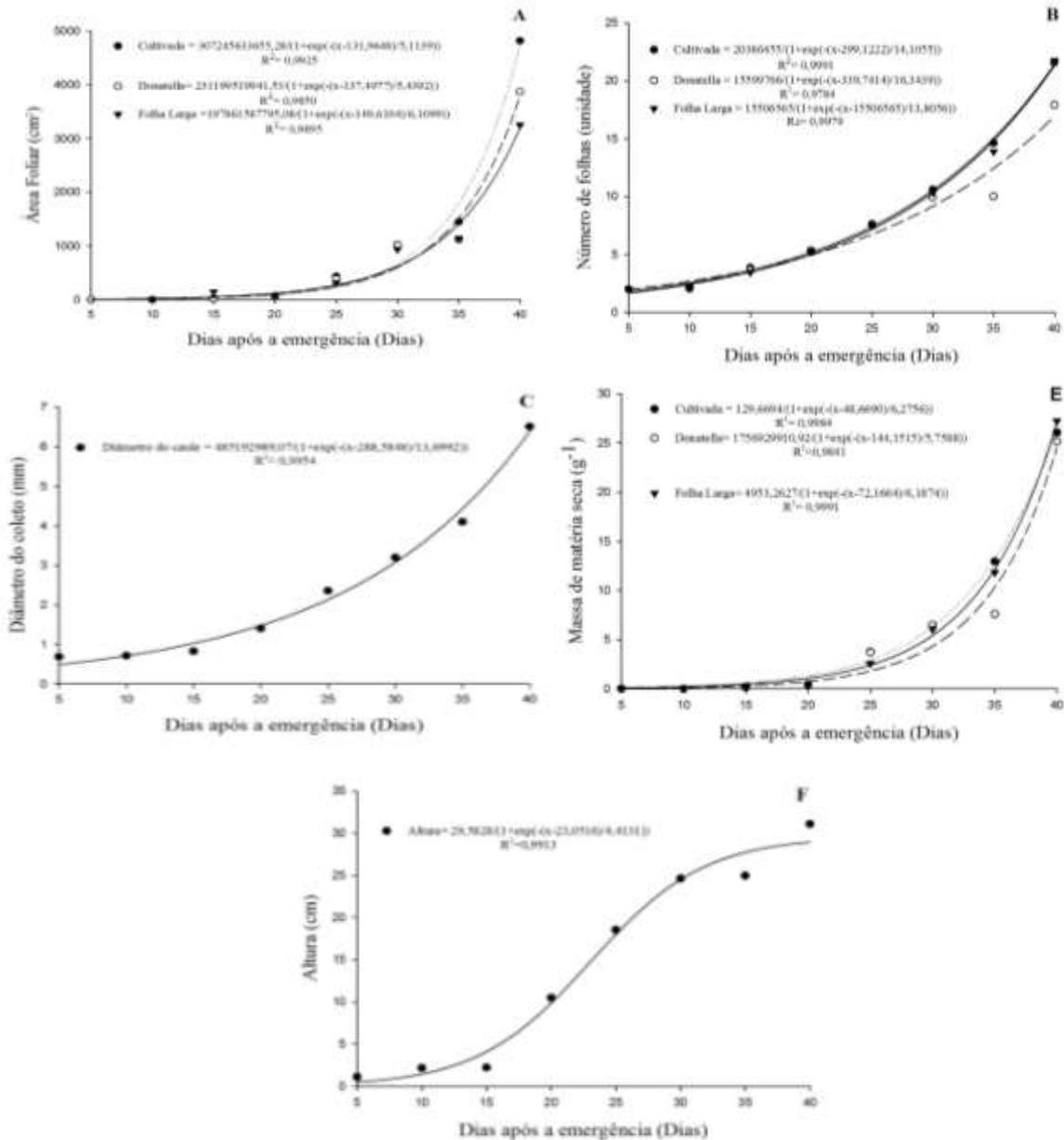


Figura 2- Área foliar (A), número de folhas (B), diâmetro do coleto (C), massa de matéria seca (D) e altura (E) em cultivares de rúcula cultivada em ambiente protegido na primavera.

Fonte: ABADE (2016).

A avaliação apenas das características morfométricas não é suficiente para avaliar o potencial produtivo de uma cultura. O uso de equações matemáticas ajuda a calcular parâmetros fisiológicos, nos quais se baseia a análise de crescimento, essas equações têm como base dados de morfometria. Para os parâmetros fisiológicos calculados na análise de crescimento, estes não se ajustaram a um modelo estatístico, sendo realizada estatística descritiva dos dados.

A TCA é a variação ou o incremento de crescimento entre duas amostras em um determinado período de tempo (BENINCASA, 2003). Na Figura 3A, observa-se crescimento

vegetativo acelerado dos 30 aos 35 DAE, na ordem Cultivada, Folha Larga, Donatella, no entanto, aos 35 DAE a Donatella supera as demais alcançando TCA de  $3,5152 \text{ (g d}^{-1}\text{)}$  o que pode estar relacionado com as características intrínsecas das cultivares.

A TCR expressa o incremento da matéria seca já existente por unidade de matéria seca existente em um determinado período e varia ao longo do ciclo do vegetal (BENINCASA, 2003). Para as três cultivares ocorreu dois pontos de maior TCR, o primeiro aos 10 DAE e o segundo aos 20 DAE (Figura 3B). Em contrapartida, foram constatados pontos de mínima, o que ocorre principalmente por dois motivos: condição ambiental e senescência da cultura.

Os últimos pontos de mínima (25 e 35 DAE) devem-se ao estágio fenológico da cultura, devido à aproximação da senescência. O ponto aos 15 DAE provavelmente é reflexo de uma condição ambiental não favorável a qual a planta foi exposta, possivelmente temperaturas acima do limite térmico da cultura (Figura 1).

Nesse período, verificou-se o máximo acúmulo da TCR pelas cultivares Cultivada e Donatella com as taxas de  $0,1400$  e  $0,2394 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente. Posteriormente, aos 15 e 25 DAE, de maneira geral, independentemente das cultivares, observou-se brusca redução.

A cv. Cultivada mostrou eficiência de conversão de massa seca maior que as demais cultivares em todos os dias avaliados, exceto aos 25 DAE. Provavelmente, a redução foi provocada pelo aumento da atividade respiratória e pelo autossombreamento, que aumenta de acordo com a idade da planta (MILTHORPE; MOORBY, 1974). No final do ciclo, o crescimento pode tornar-se negativo, por morte de órgãos vegetais como folhas e gemas (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2009).

A TAL reflete a eficiência fotossintética das folhas (BENINCASA, 2003). A cultivar Donatella apresentou a maior TAL aos 10 e 20 DAE, com as taxas de  $0,0072$ ;  $0,0039 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente (Figura 3C). Posteriormente, aos 25 DAE, de maneira geral, independentemente dos cultivares, observou-se brusca redução até o final do ciclo da cultura (35 DAE), sendo mais acentuada para cv. Donatella.

A redução da TAL é consequência da taxa fotossintética, da dimensão foliar, da duração do período vegetativo, da distribuição das folhas no dossel, do ângulo foliar e da distribuição de assimilados (PEDÓ et al., 2010).

Para Milthorpe e Moorby (1974), o declínio é devido ao efeito do sombreamento das folhas inferiores. Sendo assim, a TAL tende a ser maior nos estádios iniciais, por causa do menor autossombreamento (GONDIM et al., 2008). Seu decréscimo é esperado à medida que a área foliar útil à fotossíntese é reduzida (CONCEIÇÃO; LOPES. FORTE, 2005). Esses

resultados assemelham aos de Pedó et al. (2010), que observaram a redução da TAL, em cultivares de rabanete, ao aumentar a AF, por maior autossombreamento das folhas inferiores.

A RAF, em função do tempo, foi maior aos 10 DAE e mostrou declínio a partir de então, com ligeiros picos de máxima e mínima até 25 DAE, estabilizando-se até a colheita (Figura 3D). Para Caron et al. (2007), isso indica que, nesse estágio, a maior parte do material fotossintetizado é acumulado na fitomassa aérea da rúcula, para maior captação da radiação solar disponível.

Os maiores valores da RAF correspondem aos dos cultivares Cultivada e Donatella, independentemente da época avaliada, fato comprovado por terem apresentado maiores MMS, e AF. A menor RAF da cv. Donatella pode ser devido a suas características intrínsecas, que lhe conferem maior eficiência das folhas para realizar a fotossíntese e produzir fitomassa.

Para Benincasa (2003), a RAF expressa à área foliar útil para fotossíntese, à razão entre a área foliar e a massa seca total. Segundo o autor, o declínio da RAF ocorre, pelo aumento da interferência de folhas superiores sobre as inferiores, à medida que a planta cresce, sendo uma tendência da AF útil diminuir de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta.

Para a  $TCR_{AF}$  verificou-se que, nas primeiras semanas, os cultivares apresentaram um impulso no crescimento, com maiores valores, apresentando picos de máxima, sendo que, a partir dos 20 DAE, todas as cultivares sofreram queda brusca na  $TCR_{AF}$ , aumentando novamente após os 30 DAE.

De maneira geral, verifica-se que os melhores crescimentos referem-se às cultivares de rúcula Folha Larga e Cultivada, por apresentarem maiores AF, NF, PMS e, na análise de crescimento, de TCA, TCR, RAF e  $TCR_{AF}$ . Os resultados inferiores encontrados para cv. Donatella talvez seja porque essa cultivar não tenha atingido o ápice fisiológico.

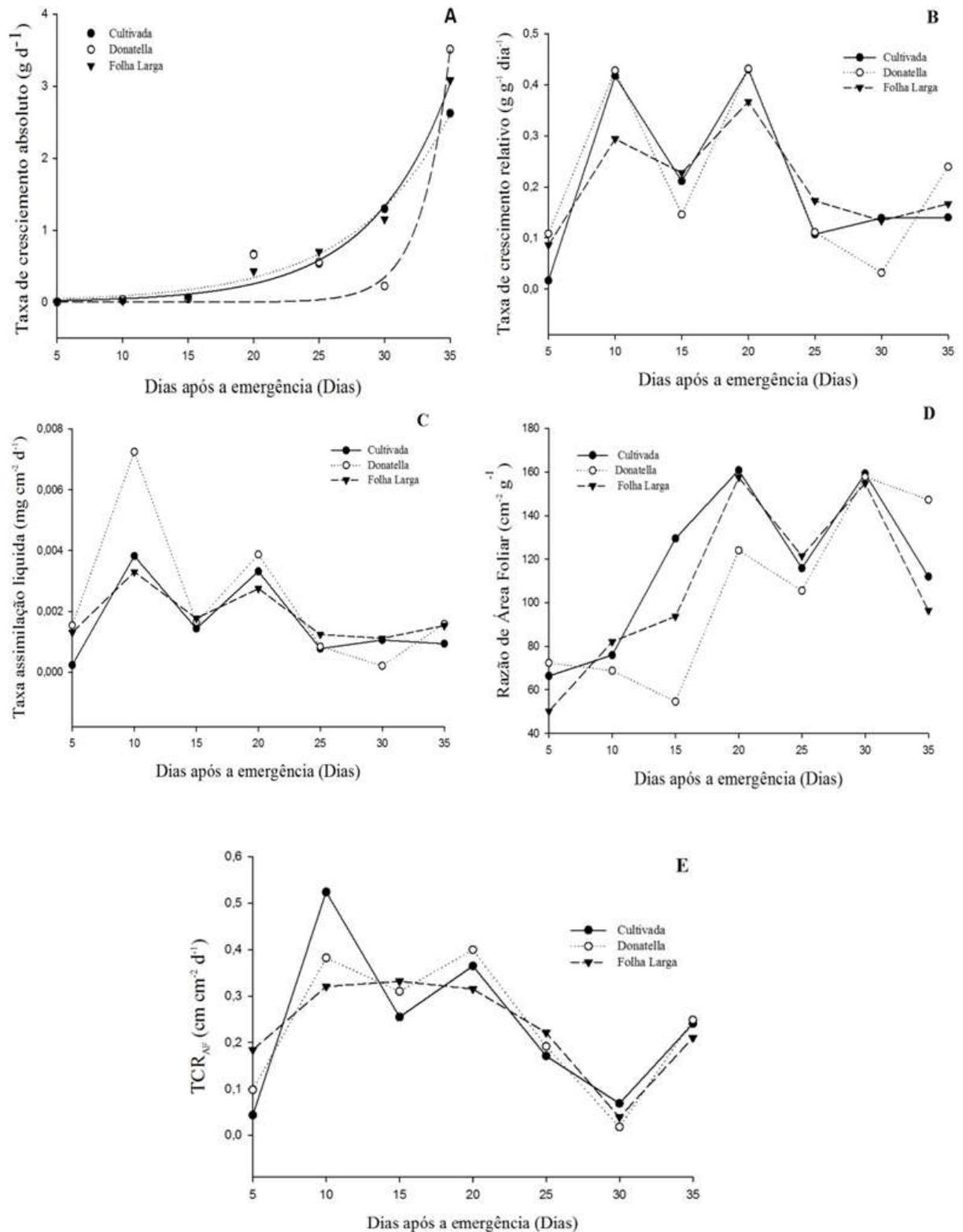


Figura 3- Taxa de crescimento absoluto- TCA (A), taxa de crescimento relativo- TCR (B), taxa de assimilação líquida- TAL (C), razão de área foliar- RAF (D) e taxa de crescimento relativo da área foliar-  $\text{TCR}_{\text{AF}}$  (E) em cultivares de rúcula cultivada em ambiente protegido na primavera.

Fonte: ABADE (2016).

De forma geral, a cv. Donatella foi inferior às demais, porém a mesma apresenta ciclo maior (até 60 dias), enquanto as cultivares Folha Larga e Cultivada apresentam ciclo de até 50 dias. Essa diferença na duração do ciclo pode ter interferido nos resultados encontrados, pois a colheita final foi realizada aos 40 dias. A colheita foi realizada nesta data devido ao adiantamento do ponto de colheita, que ocorreu provavelmente, devido às altas temperaturas observadas no período.

O crescimento vegetal é medido utilizando os parâmetros acima citados, no entanto, para conhecer o funcionamento fotossintético é necessário avaliações fisiológicas e/ou bioquímicas, a exemplo quantificação dos pigmentos fotossintetizantes presentes no tecido vegetal.

As cultivares apresentaram diferenças significativas para todos os pigmentos fotossintéticos avaliados. O maior teor de clorofila *a* foi obtido para a cv. Folha Larga (0,0853 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca). A cv. Donatella apresentou menores teores (0,0231 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca), podendo este resultado estar associado às condições de cultivo juntamente com a época (primavera) (Tabela 3).

Para clorofila *b* a cv. Cultivada apresentou maior teor (0,1261 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca). A cv. Folha Larga apresentou os menores teores (0,0192 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca), mesmo com maior teor de clorofila *a* (Tabela 3). Diante disso é importante destacar que ambas as clorofilas desempenham papel diferente no metabolismo vegetal. A clorofila *b* absorve energia em comprimento de onda diferentes da clorofila *a* e a transfere para o centro de reação, maximizando, assim, a captura energética que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A diferença de padrões de concentração de pigmentos fotossintetizantes entre os genótipos significa que estes apresentam comportamento diferente mesmo quando cultivados em um mesmo ambiente.

O maior (0,1709 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) e o menor (0,0533 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) teor de clorofila total foram encontrados para as cultivares Cultivada e Donatella, respectivamente (Tabela 3). Como a cv. Donatella apresentou os menores teores para todos os tipos de clorofila, a sua capacidade de captação de energia luminosa, quando cultivada em ambiente protegido é questionável.

Mediante os valores encontrados para a cv. Donatella é importante destacar que o crescimento e a adaptação da planta a diferentes ambientes relaciona-se a sua eficiência reprodutiva, que esta associada, entre outros fatores, aos teores de clorofila foliar (ALMEIDA *et al.*, 2004). A questão acima pode ser justificada por estudos realizados que evidenciaram

que os teores de clorofila variam muito entre as espécies, assim como entre genótipos de uma mesma espécie (LEE, 1988).

Para teores de carotenoides a cv. Folha Larga apresentou maior média (0,865 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca), as demais não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 1). Os carotenóides atuam nos vegetais como pigmentos fotoprotetores na fotossíntese, protegendo as clorofilas da fotoxidação, também funcionam como estabilizadores de membranas.

Os maiores teores de clorofila *a*, *b* e total, além de carotenóides, encontrados para as cultivares Cultivada e Folha Larga podem estar relacionados como uma estratégia adaptativa dos vegetais em resposta a condições de irradiância, sendo utilizada para maximizar a captura de radiação solar e, desta forma, acumular, eficientemente, matéria seca para crescimento satisfatório da planta.

Tabela 3- Teores de clorofila *a*, *b*, total (mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca) e teores de carotenóides totais (mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca), em folhas de cultivares de Rúcula cultivada em ambiente protegido.

Cultivar	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila Total	Carotenóides
Folha Larga	0,085 a	0,019 c	0,104 b	0,0865 a
Donatella	0,023 c	0,030 b	0,053 c	0,057 b
Cultivada	0,045 b	0,126 a	0,171 a	0,068 b
Média	0,051	0,058	0,109	0,071
CV (%)	11,97	6,47	6,14	13,07

\*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE (2016)

Para produção, a cv. Folha Larga apresentou maior média (11,36 kg m<sup>-2</sup>), no entanto, os valores da Donatella e Cultivada encontram-se acima da média encontrada por outros autores. Purqueiro et al. (2007), trabalhando com rúcula obteve 2,27 kg m<sup>-2</sup> no ambiente protegido aos 37 DAS em São Manuel – SP (Tabela 4).

Tabela 4- Produção (kg m<sup>-2</sup>) aos 40 DAE de rúcula cultivadas em ambiente protegido na primavera.

<b>Cultivar</b>	<b>Produção (kg m<sup>-2</sup>)</b>
Folha Larga	11,36 a
Donatella	10,64 b
Cultivada	10,28 b
DMS	0,46
Média	10,76
CV (%)	3,29

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE 2016.

### 3.6 CONCLUSÃO

As cultivares de rúcula Folha Larga e Cultivada foram mais eficientes que a cv. Donatella, nas condições estudadas, por apresentarem melhor desempenho quantitativo e qualitativo, além de melhores índices morfofisiológicos, quando cultivadas em ambiente protegido.

As cultivares de rúcula Folha Larga e Cultivada apresentaram maiores teores de pigmentos fotossintetizantes que a Donatella. Em determinados períodos a temperatura do ar foi maior que o limite da cultura, no entanto, não houve prejuízos ao crescimento do vegetal e à produção.

A cv. Folha Larga apresentou maior produção que as demais, no entanto, é importante destacar que a cv. Donatella apresenta ciclo mais longo, e mesmo assim foi mantida a campo pelo mesmo período que as demais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa. MG, v. 22, n. 1, p.43-51, jan./mar. 2004.
- ALMEIDA, L. P. de; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 1, p. 83-88, jan./fev. 2004. Disponível em: <<http://189.126.110.61/crural/article/viewFile/16042/16908>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; de MORAES GONÇALVES J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p. 711-728, 2014.
- ALVES, R. F.; LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; FILHO, J. L.; SOUSA, A. J. P.; PAIVA, A. C. C. Desempenho agrônômico da rúcula sob diferentes proporções de jirirana e flor-de-seda em sistema orgânico. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina grande, PB, v.8, n. 4, p. 107-112, out./dez. 2012. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/352/pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.
- ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 26-33, jul. 2000.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, RS, v.7, n.4, p. 463-472, out./dez. 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1009>>. Acesso em: 03 agos. 2017.
- BANZATTO, D. A; KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: UNESP. 247p. 1989.
- BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; PIVETTA, K. F. L.; CAVALCANTE, Í. H. L.; CAVALCANTE, L. F.; BELLINGIERI, P. A. Soluções nutritivas no desenvolvimento do Crisântemo cultivado em vaso. **Irriga**, Botucatu, SP, v.14, n. 2, p. 205-219, abr./jun. 2009.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal, FUNEP. 41p. 2003.
- BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; LANI, J. Á.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ, V. V. H. Acumulação de matéria seca pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 1, p. 48-52, jan./fev. 2010. Disponível em:<[http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S0034737X2010000100009&pid=S0034-737X2010000100009&pdf\\_path=rceres/v57n1/a09v57n1.pdf&lang=pt](http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S0034737X2010000100009&pid=S0034-737X2010000100009&pdf_path=rceres/v57n1/a09v57n1.pdf&lang=pt)>. Acesso em: 25 nov. 2017.
- CARON, B. O.; MANFRON, P. A.; LÚCIO, A. D.; SCHMIDT, S.; MEDEIROS, S. L. P.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; NETO, D. D. Equações de estimativa da fitomassa da parte

aérea da alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 37, n. 5, p. 1248:1254, set./out. 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n5/a05v37n5.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p.833-842, sept./oct. 2012.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Versão 1.0. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2000. CD-ROM.

COCKSHULL, K. E. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate. **Acta Horticulturae**, v. 229, p.113-123. 1988.

CONCEIÇÃO, M. K. ; LOPES, N. F.; FORTES, G. R. L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 11, n. 3, p. 273-278, jul./set. 2005. Disponível em: < <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/download/1251/1043>>. Acesso em: 15 agos. 2017.

FAO. **Protected cultivation in the Mediterranean climate**. Roma: FAO, 1990. 313p. (Plant Production and Protection Paper, 90).

FELTRIM, A. L.; FILHO, A. B. C.; BRANCO, R. B. F.; BARBOSA, J. C.; SALATIEL, L. T. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, n. 4, p. 505-509. 2005. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000400010&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000400010&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 30 nov. 2017.

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

FILGUEIRA, F. A. R. 2013. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 421 p.

GENUNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; SÁ, N. M.; MARY, W.; ZONTA, E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 4, p. 605-608, out./dez. 2011.

GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CECON, P. R. Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, Campinas, MS, v. 67, n. 4, p.1037-1045, 2008.

GUSMÃO, S. A. L. Cultivo de rúcula nas condições do Trópico Úmido em Belém. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43, 2003, **Anais...**, 2003. p. 21

LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, v.4, n. 3, p. 281-292, aug. 1988.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Meth Enzymol**, v. 148, p.350-382, 1987.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n.200-201, p. 15-23, 2002.

MILTHORPE, F. L.; MOORBY, J. An introduction to crop physiology. **Cambridge, Cambridge University**.201p. 1974.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Japanese Society for Food Science and Technology**, v. 39, n.10, p. 925-928, 1992.

PEDÓ, T.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; AUMONDE, T. Z.; SACARRO, E. L. Crescimento de três cultivares de rabanete (*Raphanus sativus*) ao longo da ontogenia das plantas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, PB, v. 4, n. 3, p.17-21, set. 2010.

PISCO, R. R.; ARENAS, M. I. P. Evaluacion del potencial de los biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rabano rojo (*Raphanus Sativus* L.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 59, p. 3543-3556, 2006.

PURQUEIRO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasileira, DF, v. 25, n. 3, p. 464-470, jul./set . 2007.

SANTOS, H. G. dos; ALMEIDA, J. B. de; LUMBREAS, J. F.; ANJOS, L. H. C. dos; COELHO, M. Z.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. O. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p

SIMS, D. A ; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v, 81, n. 1, p. 337-354, 2002.

SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S.; FERREIRA, D. R. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* schultz bip. Ex baker (guaco) cultivadas sob malhas coloridas. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, GO, v. 7, n.12, p. 1-14, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. ArtMed, Porto Alegre, 2013, 954 p.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Van. **Hortaliças**. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC, p.157-186, 1996. (Boletim técnico, n. 100).

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. 1992. **Cultura da rúcula**. Boletim técnico do Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 8 p. (Instituto Agronômico, n. 146).

## 4 ARTIGO III- DESEMPENHO DE CULTIVARES DE RÚCULA SOB TELAS DE SOMBREAMENTO E PLENO SOL NO INVERNO

Mayra Taniely R Abade<sup>1</sup>; Élcio S Klosowski<sup>2</sup>; José Renato Stangarlin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Agronomia -PPGA, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, mayra\_agro2011@hotmail.com; <sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, elciok1@yahoo.com.br; <sup>3</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, jose.stangarlin@unioeste.br

### 4.1 RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma hortaliça folhosa de ciclo curto, que apresenta porte baixo, folhas relativamente espessas, tenras e com nervuras verde arroxeadas. O desenvolvimento da cultura está diretamente relacionado com a interação genótipo e ambiente, e a produtividade é muito variável em função do manejo adotado e do clima. O estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do ambiente de cultivo na morfometria, crescimento e fisiologia de duas cultivares de rúcula em quatro ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento), nas condições do Oeste do Paraná, no inverno. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com duas cultivares (Folha Larga e Cultivada), quatro ambientes (Pleno sol, 30, 50 e 70% de sombreamento) e quatro blocos. Coletas sucessivas de quatro plantas por parcela foram realizadas a partir do quinto dia após a emergência, com intervalos regulares de cinco dias, até o ponto de colheita, 55 dias após a emergência. Para os parâmetros área foliar, número de folhas, diâmetro do colete, massa de matéria seca e altura houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre os fatores estudados. Com o desenvolvimento da parte aérea e aumento da área foliar, a plântula tornou-se fotossinteticamente capacitada, possibilitando, assim, o crescimento vegetativo. A taxa de crescimento absoluto manteve-se baixa e com crescimento constante para todos os ambientes até 30 dias após a emergência. As taxas de taxa de crescimento relativo foram maiores no início da ontogenia das plantas, indicando maior incremento de matéria seca em relação àquela pré-existente, nesse período da ontogenia das plantas de rúcula. As plantas apresentaram boa produção, obtendo médias de 3,80 a 5,19 kg m<sup>-2</sup>, para colheita aos 55 dias após a emergência, mesmo a menor média (3,80 kg m<sup>-2</sup>), pode vir a atender um mercado que exija folhas menores. Plantas submetidas a maiores regimes de luz atingiram maiores taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e taxa de

crescimento relativo da área foliar quando comparadas a plantas submetidas a menores intensidades luminosas, as quais apresentaram maior razão de área foliar.

**Palavras chave:** *Eruca sativa* Miller. Análise de crescimento. Produção.

#### 4.2 ABSTRACT

Arugula (*Eruca sativa* Miller) is a short cycle leafy vegetable, which is low in size, relatively thick, tender leaves and with purplish green veins. The development of the crop is directly related to the interaction genotype and environment, and the productivity is very variable in function of the adopted management and the climate. The objective of this study was to evaluate the effects of the cultivation environment on the morphometry, growth and physiology of two arugula cultivars in four growing environments (full sun, 30%, 50% and 70% shading), in the western Paraná, In the winter. The experiment was conducted in a randomized block design with two cultivars (Folha Larga and Cultivada), four environments (Pleno sol, 30, 50 and 70% shading) and four blocks. Successive collections of four plants per plot were carried out from the fifth day after emergence, with regular intervals of five days, to the collection point, 55 days after emergence. For the parameters leaf area, number of leaves, collection diameter, dry matter mass and height, there was a significant interaction ( $P > 0.05$ ) among the factors studied. With the development of the aerial part and increase of the leaf area, the seedling became photosynthetically enabled, thus enabling vegetative growth. The absolute growth rate remained low and with constant growth for all environments up to 30 days after emergence. Relative growth rate rates were higher at the beginning of plant ontogeny, indicating a higher increase of dry matter in relation to pre-existing, during the period of the ontogeny of the arugula plants. The plants presented a good yield, obtaining averages of 3.80 to 5.19 kg m<sup>-2</sup>, for harvest at 55 days after emergence, even the lowest mean (3.80 kg m<sup>-2</sup>), may come to serve a market that requires smaller sheets. Plants submitted to higher light regimes reached higher absolute growth rate, relative growth rate, net assimilation rate and relative growth rate of leaf area when compared to plants submitted to lower light intensities, which presented higher leaf area ratio.

**Key words:** *Eruca sativa* Miller. Growth analysis. Production.

### 4.3 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) da família Brassicaceae, é uma hortaliça folhosa de ciclo curto, apresenta porte baixo, folhas relativamente espessas, tenras e com nervuras verde arroxeadas (FILGUEIRA, 2008), tem como centro de origem e de domesticação, o Mediterrâneo e Oeste da Ásia (SILVA, 2004).

O valor nutricional da rúcula é superior ao da alface, é rica em vitamina A, C e minerais, principalmente cálcio, ferro, potássio e enxofre (EVANGELISTA, 2008; SEDIYAMA et al. 2007). Para o organismo humano apresenta efeito antiinflamatório e desintoxicante (TRANI; PASSOS, 2005).

No Brasil, é consumida nas regiões Sul e Sudeste, onde a colonização italiana foi mais intensa, e as cultivares mais utilizadas são Cultivada e Folha Larga. Entretanto, o seu consumo é crescente em outras regiões do país, principalmente no Nordeste, em virtude do seu sabor marcante em saladas junto a folhas mais suaves (SILVA et al., 2008)

O desenvolvimento da cultura está diretamente relacionado com a interação genótipo e ambiente, a produtividade é muito variável em função do manejo adotado e do clima (COSTA et al., 2011). Condições de alta temperatura, umidade e luminosidade podem interferir no cultivo (SILVA et al., 1999).

A utilização de telas de sombreamento nos cultivos em locais de temperatura e luminosidade elevadas permite que as hortaliças de folhas sejam conduzidas dentro de uma variação ótima de luminosidade, reduzindo a intensidade da energia radiante com melhor ajuste na sua distribuição.

As telas de sombreamento acarretam fatores favoráveis à necessidade da planta, principalmente no aumento da fotorrespiração, o que contribui para melhor desempenho da cultura, podendo ocorrer maior produtividade e qualidade das folhas, em comparação com o cultivo a céu aberto (SILVA, 2000).

Um dos métodos mais utilizados para avaliar o efeito do manejo sobre as culturas é a análise de crescimento, a qual permite obter informações sem a necessidade de equipamentos caros e sofisticados, pois utiliza apenas a massa da matéria seca (fitomassa) da planta e a área das folhas que são responsáveis pela fotossíntese (PEIXOTO, 2009; MARAFON, 2012).

A radiação solar é importante para os diversos aspectos fisiológicos e anatômicos nas espécies vegetais. Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do ambiente de cultivo na morfometria, crescimento e fisiologia de duas cultivares de rúcula em

quatro ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento), nas condições do Oeste do Paraná, no inverno.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa localizada nas coordenadas geográficas: latitude 24° 46' S, longitude 54° 22' W e altitude 420 m. O período de condução do experimento foi de junho a agosto de 2017.

Segundo Köppen, o clima é do tipo Cfa, mesotérmico, subtropical úmido (ALVARES et al., 2014) com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C e a anual 22 e 23 °C. A umidade relativa está entre 70 a 75%. Os totais médios normais e precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais chuvoso apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

O solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). Os resultados das análises químicas das amostras de solo, coletadas a profundidade de 0-20 cm, da área experimental, encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.

P	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								-----%-----
189,12	20,17	6,3	2,7	0	1,02	3,7	2,2	7,3	10,1	73	0

Fonte: ABADE (2017).

Tabela 2- Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm . Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.

Cu	Zn	Mn	Fe
-----mg dm <sup>-3</sup> -----			
13,75	13,4	106,2	29,0

Fonte: ABADE (2017).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, sendo o primeiro fator os ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e o segundo duas cultivares de de rúcula (Folha Larga e Cultivada) e quatro blocos.

A cv. Folha Larga apresenta folhas serrilhadas e largas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias. A cv. Cultivada possui folhas compridas e recortadas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias.

As plantas foram cultivadas em telados cobertos com tela sombrite sustentada por tubos de bambu (diâmetro de 6 cm), em forma de arco. Os telados foram construídos em conformidade com os canteiros, tendo 1,20 m de largura por 3,50 m de comprimento, e 1,20 m de altura. A semeadura foi direta e após a germinação foi realizado o desbaste, adotando o espaçamento de 0,5 cm entre plantas e 0,15 cm entre linhas.

A irrigação durante todo o ciclo foi realizada por aspersão e de acordo com as necessidades da cultura, sendo aplicada lâmina média diária de  $3,8 \text{ mm dia}^{-1}$ . A lâmina de evapotranspiração de cultura foi determinada a partir da medida de evaporação a cada dois dias em minitanques de evaporação Classe A.

A partir da lâmina de evaporação foi determinada a evapotranspiração de referência (Eto) utilizando o coeficiente de tanque. A evapotranspiração de cultura foi estimada a partir de Eto e do coeficiente de cultura cujos valores foram de 0,38 (1º fase), 0,98 (2º fase), 1,03 (3º fase), 0,65 (4º fase) (SANTOS et al., 2015) .

A adubação foi parcelada em duas aplicações durante o ciclo com base em análise química de solo e seguindo recomendações de Trani e Rajj (1996) ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ). A primeira aplicação foi realizada na data de semeadura e a segunda após quinze dias.

Em cada ambiente foi instalado *Datalogger* com sensor de temperatura e umidade relativa do ar da marca HOMIS modelo 494. Este equipamento foi instalado em abrigo meteorológico no centro de cada ambiente. Os registros de temperatura e umidade relativa do ar foram efetuados a cada hora e podem ser observados na Figura 1.

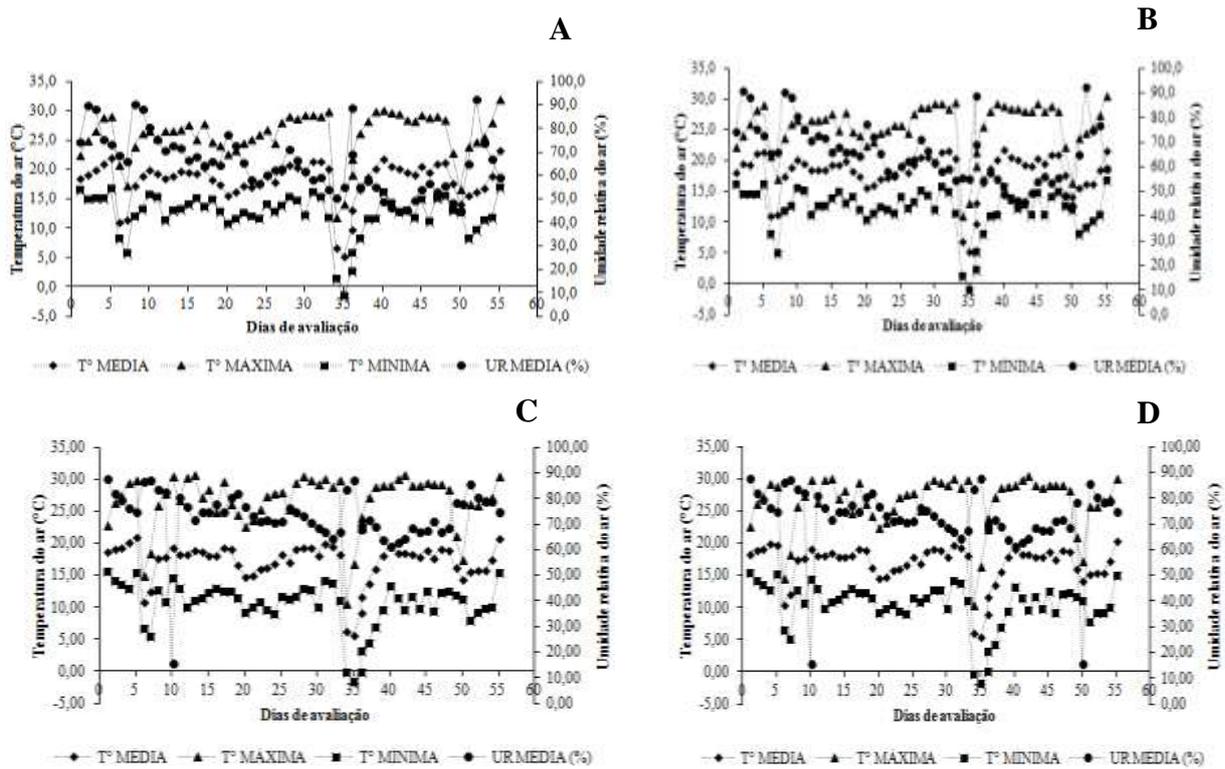


Figura 1- Dados de temperaturas média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para os seguintes ambientes de cultivo: pleno sol (A), 30% (B); 50% (C) e 70% (D) de sombreamento para a cultura da rúcula no inverno. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.

Fonte: ABADE (2017).

Os dados de radiação solar global foram obtidos em Estação Meteorológica de observação de Superfície Automática – EMOSA/MCR. A partir destes dados e das especificações de cada tela fornecidos pelo fabricante quanto à sombra proporcionada por cada modelo, foi estimada a radiação solar global que seria observada em cada ambiente (Tabela 3).

Tabela 3- Médias mensais da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) a pleno sol e aproximação para os ambientes 30%, 50% e 70% de sombreamento, no período de 14/06/2017 a 08/08/2017. Marechal Cândido Rondon, PR, 2017.

Mês	Radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ )			
	Pleno sol	30%	50%	70%
Junho	11,9873	8,3911	5,9936	3,3911
Julho	14,2042	9,9429	6,8316	4,2613
Agosto	14,2844	9,9991	7,1422	4,2853

Fonte: ABADE (2017).

Coletas sucessivas de quatro plantas por parcela foram realizadas a partir do quinto dia após a emergência (DAE), com intervalos regulares de cinco dias, até o ponto de colheita, 55 DAE.

Em cada coleta, foram avaliadas as seguintes variáveis: área foliar (AF) (cm<sup>2</sup>): pelo medidor de área foliar eletrônico (Li-Cor, L1-3100®); número de folhas (NF) (unidade); diâmetro do coleto (DC) (mm): mensurado na altura do colo da planta com paquímetro digital; massa de matéria seca (MMS) (g): material submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 60 °C, por 72 horas, pesado em balança digital (precisão 0,01g) e altura da planta.

A partir destes dados, de acordo com Benincasa (2003) foram calculados: a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa de assimilação líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF), e a taxa de crescimento relativo da área foliar (TCR-AF).

A TCA, em g d<sup>-1</sup>, é calculada pela equação  $TCA = (MMS2 - MMS1) / (T2 - T1)$ , em que MMS2 é a massa seca total da parte aérea atual (g); MMS1 é a massa seca total da parte aérea inicial (g); T2 – T1 é o intervalo de tempo entre duas coletas (5 dias). A taxa de TCR, em g g<sup>-1</sup> por d<sup>-1</sup>, é calculada pela equação  $TCR = (ln MMS2 - ln MMS1) / (T2 - T1)$ , sendo que, *ln* é o logaritmo Neperiano. A TAL é calculada pela equação  $TAL = [(MMS2 - MMS1) / (T2 - T1)] \cdot [(ln AF2 - ln AF1) / (AF2 - AF1)]$ , em que AF2 e AF1 corresponde a área foliar total atual da parte aérea (cm<sup>2</sup>) nos tempos T2 e T1, respectivamente. A RAF, em cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> é calculada pela equação  $RAF = AF / MMS$ , sendo que AF é a área foliar atual (cm<sup>2</sup>); MST é a massa seca total atual (g). A TCR<sub>AF</sub>, em cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, é calculada pela fórmula  $TCR_{AF} = (ln AF2 - ln AF1) / (T2 - T1)$ , em que AF2 é a área foliar total atual da parte aérea (cm<sup>2</sup>) e *ln* é o logaritmo Neperiano.

A produção final da cultura foi calculada com base na massa de matéria fresca por planta obtida aos 55 dias, sendo estimada para m<sup>2</sup>.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, seguido da análise de variância. A comparação entre as médias para as fontes de variações e suas interações foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011).

As variáveis estudadas ao longo do ciclo de cultivo foram analisados por modelo sigmoidal, em que as equações foram ajustadas, em função das épocas de desenvolvimento da cultura e das cultivares de rúcula, empregando-se o programa estatístico SigmaPlot®.

Quanto aos parâmetros fisiológicos calculados na análise de crescimento, não foram realizadas análises de variância. Segundo Banzatto e Kronka (1989), não se pode afirmar que variáveis calculadas obedecem às pressuposições básicas para esse tipo de análise.

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os parâmetros AF, NF, DC, PMS e altura houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos estudados. Os valores de AF aos 5 DAE para a cv. Folha Larga foram de  $2,69 \text{ cm}^2$  (pleno sol),  $2,12 \text{ cm}^2$  (30%),  $1,79 \text{ cm}^2$  (50%) e  $1,12 \text{ cm}^2$  (70%) (Figura 2A). Para a cv. Cultivada os valores de AF aos 5 DAE foram de:  $2,53 \text{ cm}^2$  (pleno sol),  $2,10 \text{ cm}^2$  (30%),  $1,5 \text{ cm}^2$  (50%) e  $1,06 \text{ cm}^2$  (70%) (Figura B).

A partir dos 30 DAE com o desenvolvimento da parte aérea e aumento da área foliar, a plântula tornou-se fotossinteticamente capacitada, possibilitando, assim, o crescimento vegetativo. Aos 55 DAE os valores de AF chegaram a  $1.411,11 \text{ cm}^{-2}$  (pleno sol),  $1.428,09 \text{ cm}^{-2}$  (30%),  $1.492,20 \text{ cm}^{-2}$  (50%) e  $1.286,07 \text{ cm}^{-2}$  (70%) para a cv. Folha Larga e  $1.192,93 \text{ cm}^{-2}$  (pleno sol),  $1.344,85 \text{ cm}^{-2}$  (30%),  $1.187,30 \text{ cm}^{-2}$  (50%) e  $1.037,28 \text{ cm}^{-2}$  (70%) (Figura 2A e B).

O longo período de desenvolvimento vegetativo (30 dias) pode ter sido ocasionado pelas condições climáticas da estação. O cultivo foi realizado no inverno, e o mesmo apresentou valores de radiação solar abaixo do limite trófico para os ambientes 50% e 70% de sombreamento (Tabela 3). Para todos os ambientes, neste período, a temperatura mínima variou de  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 1). A eficiência fotossintética ótima das espécies C3, a exemplo, a rúcula, geralmente ocorre em temperaturas a cerca de  $20$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

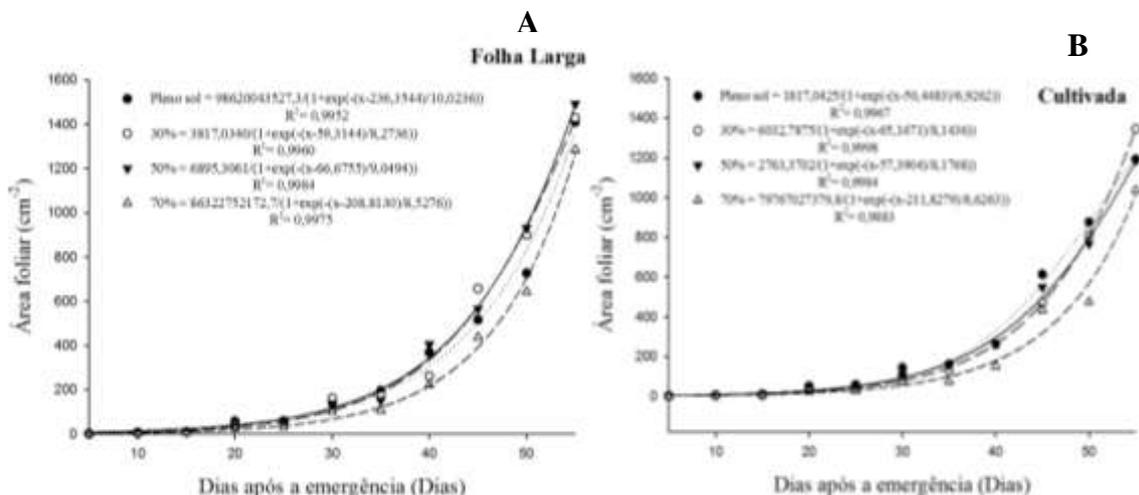


Figura 2- Área foliar em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação. Fonte: ABADE (2017).

O NF é o mais variável de todos os órgãos vegetais (raiz, caule, flores, frutos) isso porque, depende da espécie e das condições ambientais. Maior média para NF ao longo do ciclo foram encontradas a pleno sol (7,14 para cv. Folha Larga e 6,68 para cv. Cultivada). Enquanto que médias menores foram encontradas para a cv. Folha Larga (5,76) e para a cv. Cultivada (5,45), ambas a 70% de sombreamento. (Figura 3A e B).

Indicando que a característica NF é influenciada diretamente pela incidência de luz solar. Plantas sob incidência direta de radiação apresentam maior número de folhas, enquanto que aquelas cultivadas em ambientes com 70% de sombreamento, respondem ao estresse reduzindo a emissão de folhas.

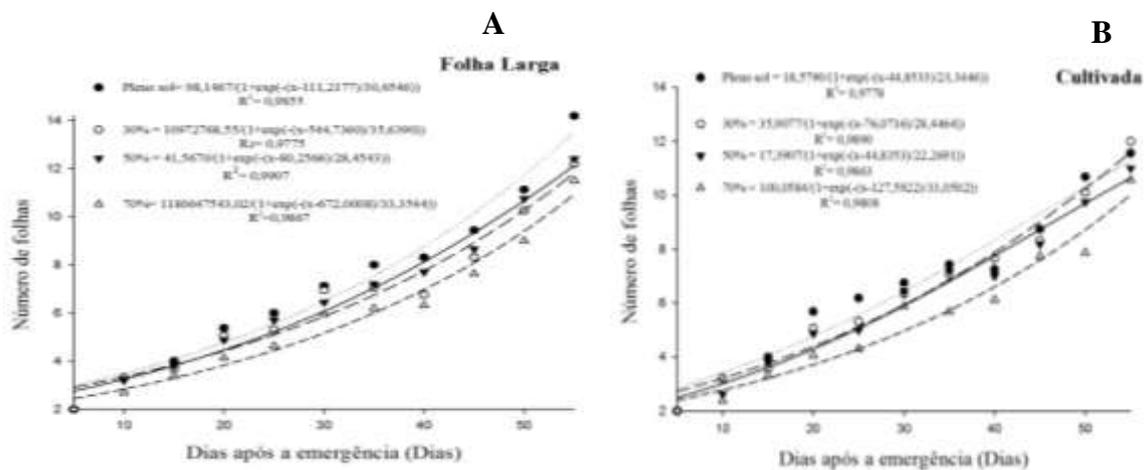


Figura 3- Número de folha em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

Para DC observou-se incremento ao longo da avaliação. Plantas cultivadas pleno sol apresentaram maiores médias de DC ao longo do ciclo (2,14 mm cv. Folha Larga e 2,05 mm cv. Cultivada). Enquanto que, plantas que sofreram redução de 70% na incidência de luz apresentaram menor DC (1,59 mm cv. Folha Larga e 1,54 mm cv. Cultivada) (Figura 4A e B).

Mediante esse resultado fica evidente que DC em plantas de rúcula é afetado significativamente pela quantidade de luz que chega ao ambiente de cultivo, pois a luz é responsável pela atividade fotossintética das plantas e pelo alongamento celular.

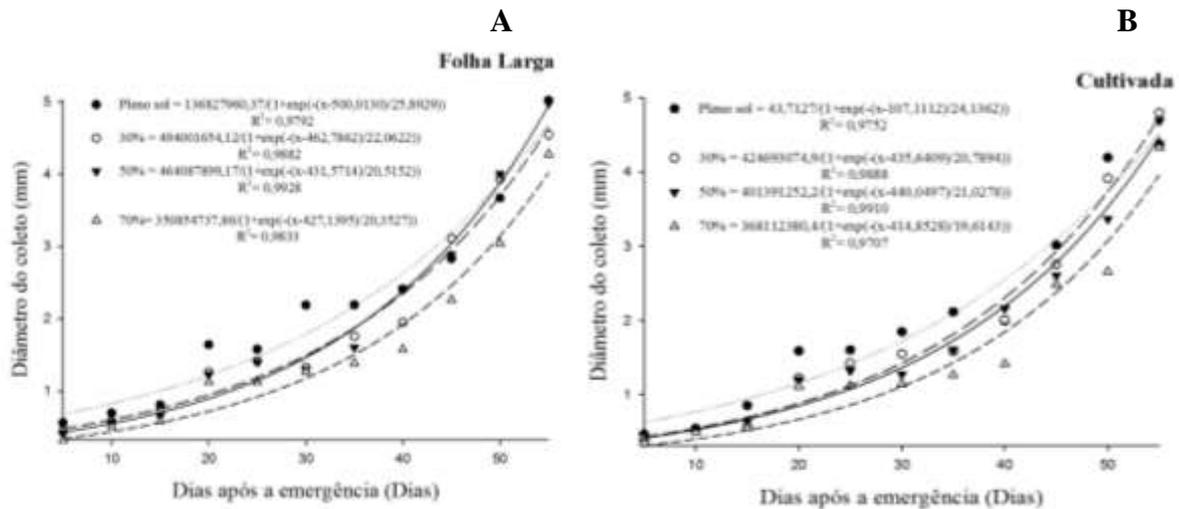


Figura 4- Diâmetro do coleto em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

Para todos os ambientes e cultivares, a produção de massa seca foi obtida com elevado coeficiente de determinação, as plantas apresentaram crescimento lento até 35 DAE, o que é frequente neste período e pode ser explicado pela baixa absorção de água e de nutrientes, pequena área foliar, reduzidas taxas de respiração e taxa assimilatória líquida (MONTEITH, 1969).

A reduzida taxa de produção de massa seca inicial está relacionada ao reduzido índice de área foliar (Figura 5A e B) e a diminuta taxa de crescimento relativo de área foliar (Figura 2A e B) durante o período inicial de crescimento (AUMONDE et al., 2011).

A cv. Folha Larga quando cultivada a pleno sol e sob tela de sombreamento de 30% e 50%, apresentou acúmulo semelhante de matéria seca até os 50 DAE. Após esta data, plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maior produção de matéria seca e no final da ontogenia as plantas de rúcula apresentavam massa de matéria seca de 14,738g. Enquanto, que plantas cultivadas sob telas de sombreamento de 30%, 50% e 70% apresentaram massa de 11,624 g, 10,579 e 7,813 g, respectivamente.

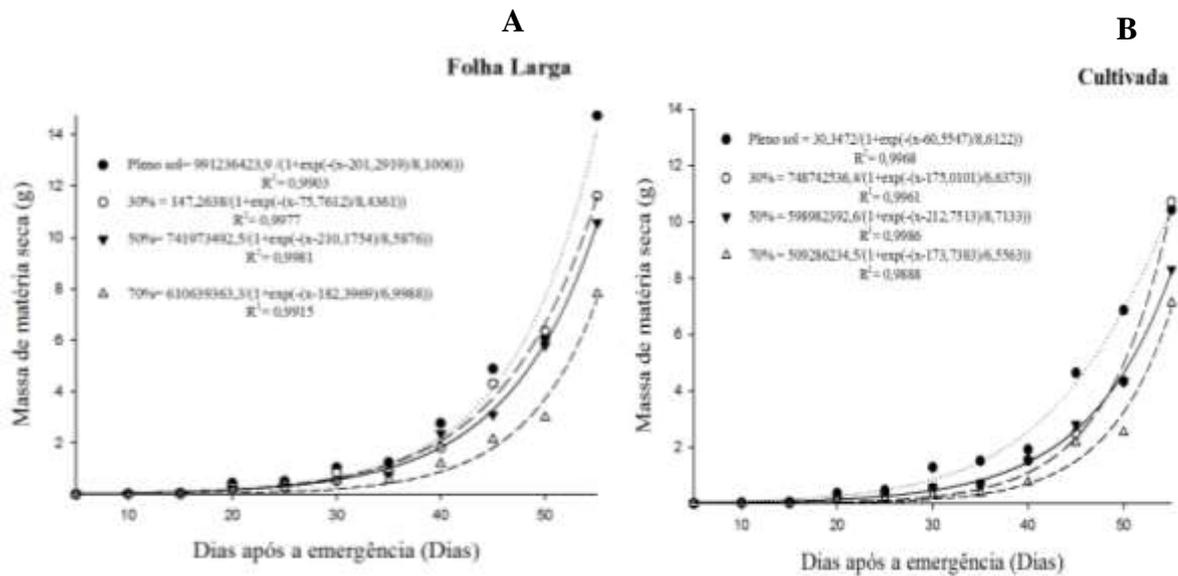


Figura 5- Massa de matéria seca em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

Plantas com altura de 11,50 cm e 11,88 cm (pleno sol e 30% de sombreamento, respectivamente) para cv. Folha Larga e 11,75 cm (pleno sol) para cv. Cultivada foram observadas em ambientes com maior incidência de luz solar (pleno sol). As menores plantas foram encontradas a 70% de sombreamento (11, 16 cm cv. Folha Larga e 10,31 cv. Cultivada) (Figura 6A e B).

O sombreamento induziu plantas de cv. Folha Larga a alocarem seus recursos para o caule para tornarem-se mais altas, pois detectou-se que até os 25 DAE, que plantas nos ambiente 70% de sombreamento apresentaram maior altura (5,0 cm) (Figura 6A). Este resultado é esperado, pois no início do ciclo plântulas cultivadas em ambientes mais sombreados alongam o caule mais rapidamente para facilitar na interceptação de radiação solar.

Para a cv. Cultivada não observou-se estiolamento nas plântulas, desde a primeira avaliação as plantas cultivadas a 70% de sombreamento apresentaram menor altura, com média de 23,92 cm no fim do ciclo. (Figura 6B). Plantas de rúcula mais baixas tendem a produzir folhas mais tenras, conseqüentemente produzem folhas maiores e mais macias o que é interessante do ponto de vista comercial.

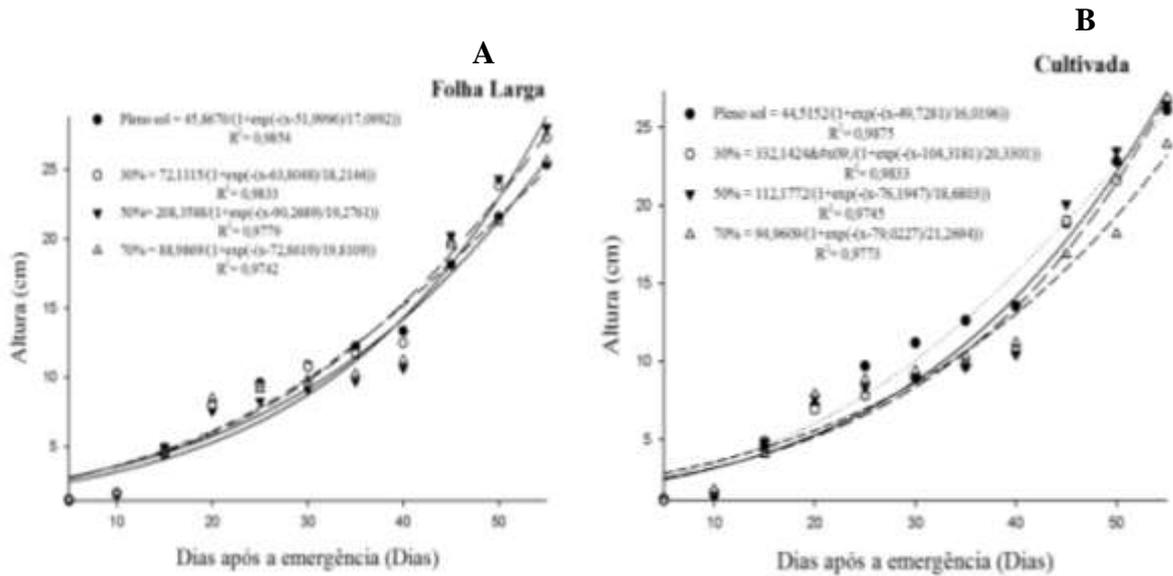


Figura 6- Altura em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

Os dados dos parâmetros de análise de crescimento avaliados durante o experimento não se ajustaram a modelos estatísticos, sendo então, utilizada estatística descritiva para demonstrá-los.

A TCA variou ao longo do ciclo, e foi diretamente influenciada pelo ambiente. Para cv. Folha Larga as médias variaram pouco entre os diferentes ambientes até os 30 DAE. A partir de então, houve incremento significativo de TCA, e os ambientes pleno sol e 30% de sombreamento se sobressaíram aos demais, com média aos 40 DAE de  $0,423 \text{ g d}^{-1}$  e  $0,498 \text{ g d}^{-1}$ , respectivamente. Aos 50 DAE, final do ciclo as médias de TCA nas plantas cultivadas nos ambientes pleno sol e 30% foram de  $1,725 \text{ g d}^{-1}$  e  $1,054 \text{ g d}^{-1}$ , respectivamente (Figura 7A).

Para a cv. Cultivada a média do crescimento absoluto ao longo do ciclo foi maior a 30% de sombreamento ( $0,214 \text{ g d}^{-1}$ ), enquanto que as plantas nos ambientes de 50% e 70% apresentaram menores médias  $0,166 \text{ g d}^{-1}$  e  $0,142 \text{ g d}^{-1}$ , respectivamente (Figura 7B).

Os resultados encontrados para as duas cultivares demonstram que plantas de rúcula têm crescimento absoluto aumentado no final do ciclo e este é favorecido pela maior incidência de radiação solar, haja vista, que menor crescimento foi observado a 70% de sombreamento para ambas cultivares.

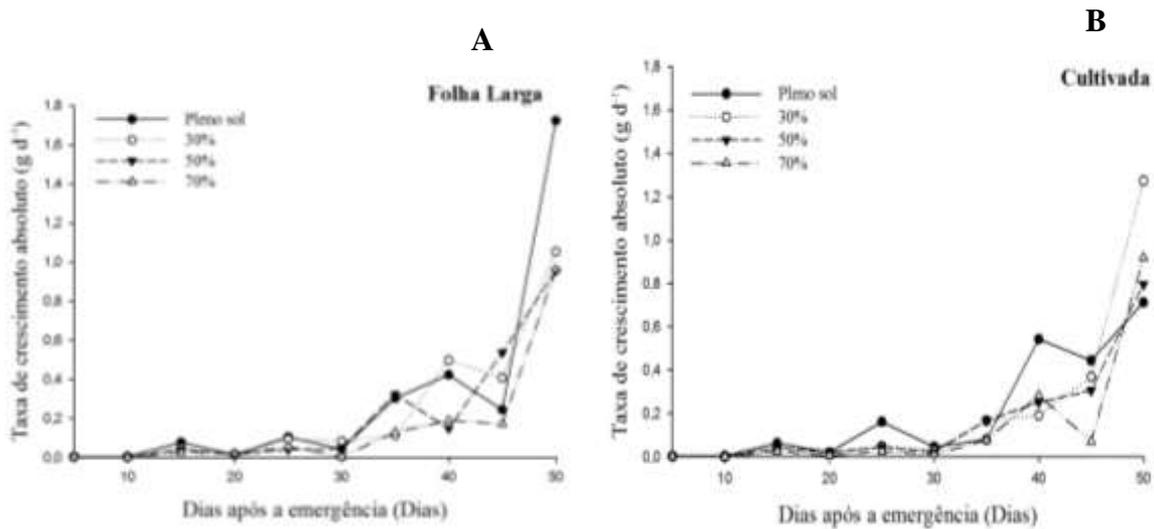


Figura 7- Taxa de crescimento absoluto (TCA) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

As taxas de TCR foram maiores aos 15 DAE para ambas cultivares (cv Folha Larga:  $0,408 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a pleno sol,  $0,395 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a 30%,  $0,410 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a 50% e  $0,320 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a 70%; cv. Cultivada:  $0,390 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a pleno sol,  $0,438 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a 30%,  $0,412 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a 50% e  $0,390 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  a 70%) (Figura 8A e B). Esse resultado indica que neste período da ontogenia das plantas de rúcula ocorreu maior incremento de matéria seca em relação àquela pré-existente.

Maior eficiência no incremento de matéria seca foi verificada na cv. Folha Larga (média durante o ciclo de  $0,143 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) e cv. Cultivada (média durante o ciclo de  $0,147 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) no ambiente 30% de sombreamento (Figura 8A e B). Entretanto, indiferentemente ao ambiente de cultivo e cultivar, a TCR apresentou oscilações de máxima e mínima durante todo o ciclo, o que é resultado em parte, do incremento gradativo de tecidos não assimilatórios (AUMONDE et al., 2011).

As taxas de crescimento relativo foram reduzidas, aproximando-se de zero na cv. Folha Larga nos ambientes 50% ( $0,003 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e 70% ( $0,028 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) ao 10° DAE e no ambiente 70% ( $0,008 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) ao 30° DAE. O resultado ao 10° DAE possivelmente se deve a planta encontrar-se em desenvolvimento vegetativo, nutrindo-se apenas das reservas armazenadas no embrião. Plantas com maior TCR, geralmente são também as que desenvolveram mais rapidamente seu índice de área foliar.

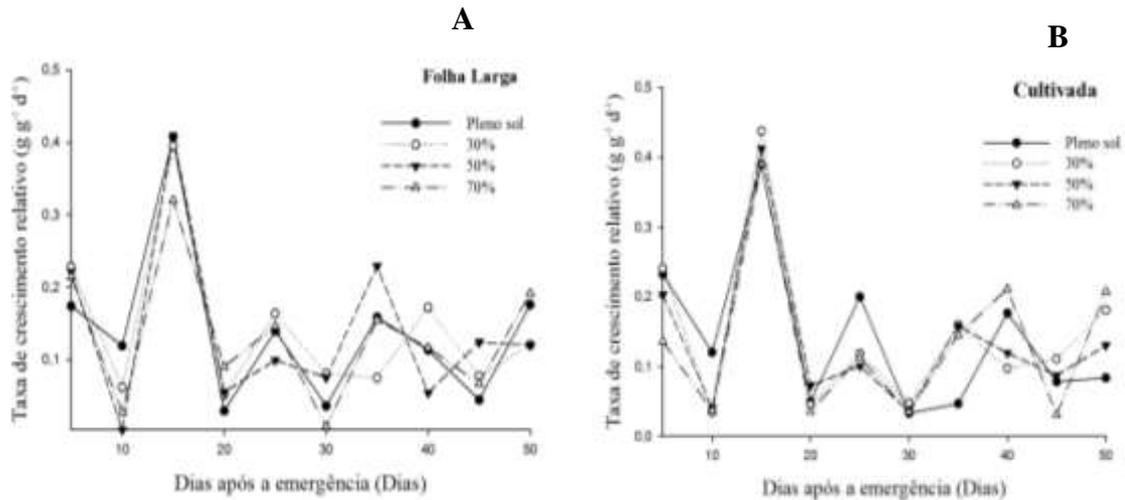


Figura 8- Taxa de crescimento relativo (TCR) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

A taxa assimilatória líquida foi máxima aos 15 DAE em todos os ambientes (Figura 9) quando as plantas da cv. Folha Larga atingiram  $0,0029 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (pleno sol),  $0,0021 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (30% de sombreamento),  $0,0021 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (50% de sombreamento) e  $0,0016 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (70% de sombreamento) (Figura 9A) e as da cv. Cultivada atingiram  $0,0024 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (pleno sol),  $0,0024 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (30% de sombreamento),  $0,0021 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (50% de sombreamento) e  $0,0018 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (70% de sombreamento) (Figura 9B). O que explica esses valores de TAL é a presença de folhas jovens e de elevada capacidade fotossintética, além do autossombreamento ser reduzido (GONDIM et al., 2008).

Além disso, é possível afirmar que o ambiente pleno sol melhorou quantitativamente a eficiência na conversão líquida de assimilados. Nos demais ambientes, as plantas apresentaram menor TAL até o final da ontogenia em plantas das duas cultivares. Uma planta com baixa TAL, no entanto, não é necessariamente uma planta pouco produtiva, neste caso estas possuem baixo ponto de compensação, ou seja, com pouca energia solar recebida possuem atividade fotossintética muito boa.

O declínio na taxa assimilatória líquida era esperado, especialmente a 70% de sombreamento, pois depende da taxa fotossintética, dimensão foliar, duração do período vegetativo, distribuição das folhas no dossel, ângulo foliar e distribuição de assimilados (AUMONDE et al., 2011).

Geralmente ambientes mais quentes limitam significativamente a eficiência da assimilação do carbono, pois o aumento da temperatura desfavorece a fotossíntese passando a

favorecer a fotorrespiração. A eficiência fotossintética ótima das espécies C3 geralmente ocorre em temperaturas a cerca de 20 a 25 °C (TAIZ; ZEIGER, 2017). Fatores ambientais como a luz, temperatura e outros afetam sensivelmente a TAL, TCR e TCA destas plantas.

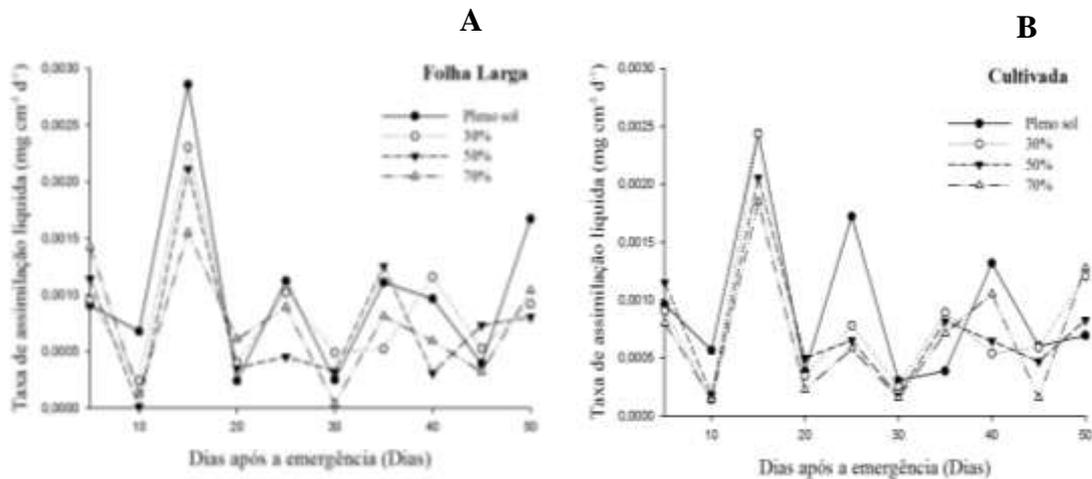


Figura 9- Taxa de assimilação líquida (TAL) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

Com relação à RAF, plantas cultivadas na época de inverno houve efeito dos dias de avaliação, ambiente e cultivar, sendo que a maior RAF foi obtida pelas plantas cultivadas a 70% de sombreamento para as cultivares Folha Larga e Cultivada, médias de 242, 53 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> e 187,91 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 10A e B).

No ambiente 70% as plantas da cv. Folha Larga apresentaram RAF constante no final do ciclo, de 45 até 50 DAE. Já para a cv. Cultivada no mesmo período houve redução da RAF nas plantas (Figura 10B), o que pode estar relacionado com o autossombreamento, que tem como consequência a redução da área foliar útil para a fotossíntese e, possivelmente, a redução no final do ciclo de deve ao crescimento da planta ter aumentado a competição por espaço, do sistema radicular e da parte aérea, por luz e nutrientes.

Ambientes com maior insolação (pleno sol) apresentaram menor RAF (cv. Folha Larga: 118,94 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> e cv. Cultivada: 127,79 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) (Figura 10A e B). A redução da RAF é representada pela maior taxa fotossintética do vegetal, o que resulta em maior quantidade de dreno para a síntese de fotoassimilados.

A condição ambiental, principalmente a temperatura pode estar relacionada com as alterações da RAF, por ser um fator determinante no crescimento e desenvolvimento das plantas. No cultivo de rúcula a pleno sol, houve redução da área útil das folhas disponíveis a fotossíntese, em função do autossombreamento, resultando em bom desenvolvimento das plantas cultivadas nessa estação.

A planta responde as condições do ambiente em função das alterações de temperatura, luminosidade e também por meio de estratégias desenvolvidas ao longo do seu desenvolvimento. A menor RAF beneficia as plantas sob alta intensidade de luz, diminuindo a exposição dos seus tecidos a radiação solar, reduz também a perda de água pela evapotranspiração e o autossombreamento das folhas inferiores pelas superiores (CLAUSSEN, 1996).

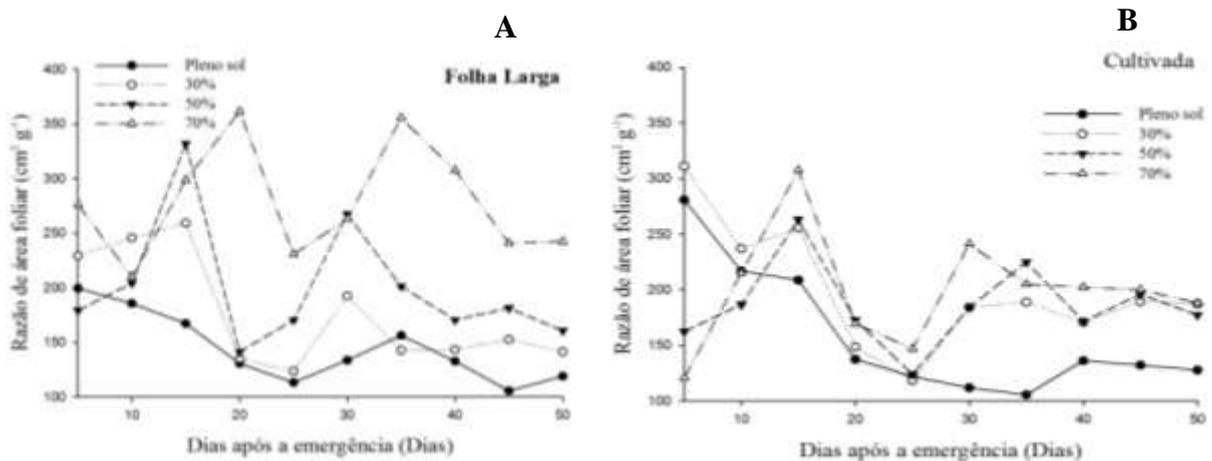


Figura 10- Razão de área foliar (RAF) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação

Fonte: ABADE (2017).

A  $TCR_{AF}$  também é uma medida de crescimento que auxilia na medição do desenvolvimento da cultura, e assim como a TCR, tende a diminuir à medida que a planta cresce em virtude do autossombreamento.

Os valores encontrados evidenciam o discutido acima, plantas das duas cultivares de rúcula em todos os ambientes apresentaram redução na  $TCR_{AF}$ . Aos 15 DAE para cv. Folha Larga foi encontrada as seguintes médias:  $0,358 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (pleno sol),  $0,265 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (30%),  $0,239 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (50%) e  $0,221 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (70%). Já aos 50 DAE as médias foram menores:  $0,133 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (pleno sol),  $0,093 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (30%),  $0,044 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (50%) e  $0,139 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (70%) (Figura 11A).

Para a cv. Cultivada foi encontrada as seguintes médias:  $0,306 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (pleno sol),  $0,329 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (30%),  $0,328 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (50%) e  $0,271 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (70%). Aos 50 DAE as médias foram menores:  $0,062 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (pleno sol),  $0,101 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (30%),  $0,087 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (50%) e  $0,156 \text{ cm}^2 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$  (70%) (Figura 11B).

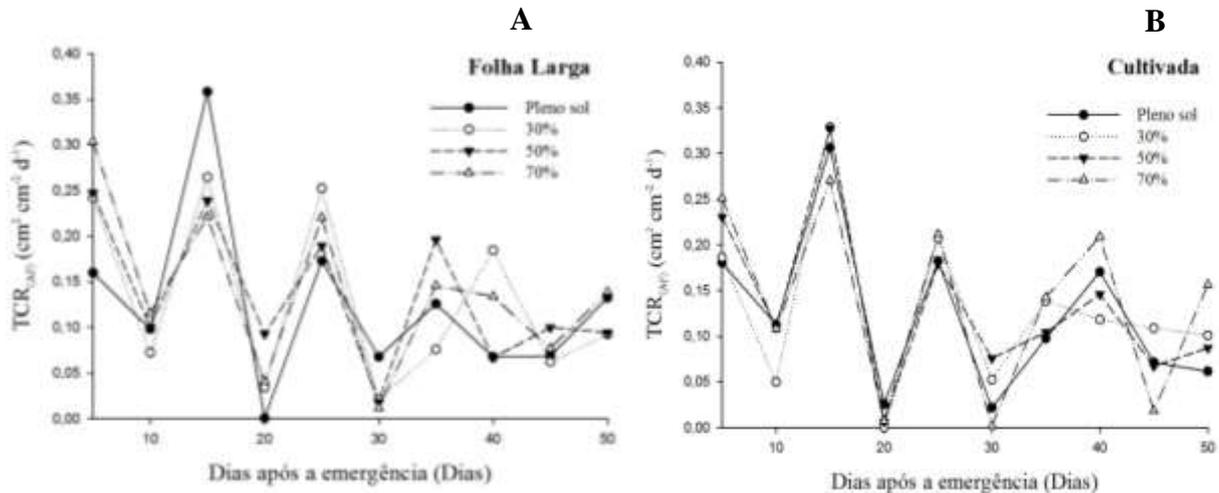


Figura 11- Taxa de crescimento relativo da área foliar ( $TCR_{AF}$ ) em plantas de rúcula cultivares Folha Larga (A) e Cultivada (B), em função de ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e tempo de avaliação.

Fonte: ABADE (2017).

O comportamento das plantas nos diferentes ambientes foi desuniforme durante o ciclo, observou-se períodos de máxima acompanhados de períodos de mínima, possivelmente influenciados pelas variações de temperatura que ocorreram ao longo do ciclo (Figura 1).

Nos meses de inverno a disponibilidade de radiação solar é reduzida. Podendo interferir nos processos vitais da planta e, em consequência reduzir a produção. Para a característica produção, avaliada aos 55 DAE (Tabela 4) não foi significativo à interação cultivar x ambiente, havendo significância apenas para ambiente.

Neste experimento observou-se que as plantas apresentaram boa produção, obtendo médias de  $3,80$  a  $5,19 \text{ kg m}^{-2}$  para colheita aos 55 DAE. Mesmo a menor média ( $3,80 \text{ kg m}^{-2}$ ), estatisticamente diferente das demais, pode vir a atender um mercado que exija folhas menores. Costa et al. (2011), também trabalhando com sombreamento em rúcula encontrou médias de produção de  $5,0240$  a  $5,3680 \text{ kg m}^{-2}$ , para colheita aos 44 dias após sementeira.

Tabela 4- Produção ( $\text{kg m}^{-2}$ ) aos 55 DAE de rúcula cultivadas sob pleno sol e diferentes telados (30%, 50% e 70% de sombreamento).

<b>Tratamentos</b>	<b>Produção (<math>\text{kg m}^{-2}</math>)</b>
Pleno Sol	5,11a
<b>Sombreamento</b>	
30%	5,17 a
50%	5,19 a
70%	3,80 b
CV (%)	8,91

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE (2017).

#### 4.6 CONCLUSÃO

A morfometria da rúcula é influenciada pela quantidade de radiação a qual a planta é exposta, o ambiente mais sombreado (70%) apresentou menores valores de AF, NF, DC, PMS e altura.

Plantas submetidas a maiores regimes de luz atingiram maiores TCA, TCR, TAL e  $\text{TCR}_{\text{AF}}$  quando comparadas a plantas submetidas a menores intensidades luminosas, as quais apresentaram maior RAF.

Quanto à produção os resultados obtidos para plantas a pleno sol, 30% e 50% não diferiram estatisticamente entre si, ou seja, no inverno o sombreamento não é recomendado, com o objetivo de aumentar a produção, pois o pleno sol garante produção satisfatória e gera menor custo econômico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- AUMONDE TZ; LOPES NF; MORAES DM; PEIL RMN; PEDÓ T. Análise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile enxertada e não enxertada. **Interciencia**, v. 36, n. 9, p. 677-681, sep. 2011.
- BANZATTO, D. A; KRONKA, S. N. 1989. Experimentação agrícola. Jaboticabal, UNESP. 247p
- BENINCASA, M. M. P. 2003. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal, FUNEP. 41p.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Versão 1.0. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2000. CD-ROM.
- CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, v. 80, n.1, p. 245-255, 1996
- COSTA, C. M. F.; SEABRA JÚNIOR, S.; ARRUDA, G. R.; SOUZA, S. B. S. de. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 32, n. 1, p. 93-102, 2011.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. p. 27.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa-MG: UFV, 2008.421p.
- GONDIM, A. R. O. ; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CECON, P. R. Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, Campinas, MS, v. 67, n.4, p.: 1037- 1045, 2008.
- MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, Ed.1, dez. 2012.
- MONTEITH, J. L. Light interception and radiative exchange in crop stands. **In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.T.; VAN BAVEL, C.H.M. (Eds.). Physiological aspects of crop yield.**, v.1, p. 89-111, 1969.
- PEIXOTO, C. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. **Tópicos em Ciências Agrárias**, v.38, 2009.

- SANTOS, L. W.; SILVA, C. B.; SILVA, J. C. da; ALVES, É. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo da rúcula (*Eruca sativa*) Cultivada na Região Agreste do Estado de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25., 2015, São Cristovão/SE. **Anais...** São Cristovão, 2015. p.941-946
- SANTOS, H. G. dos; ALMEIDA, J. B. de; LUMBREAS, J. F.; ANJOS, L. H. C. dos; COELHO, M. Z.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. O. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; PINTO, C. L. O. Rúcula. In: JUNIOR, T. J. P.; VENZON, M. **101 Culturas, manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 683-686, 2007.
- SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Caatinga**, Mossoró, RN, v. 21, n. 5, p. 30-35, dez. 2008.
- SILVA, M. A. B. GEAGESP. **Seção de Economia**. São Paulo-SP: Comunicação pessoal, 2004.
- SILVA, F. C. da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: **Embrapa Comunicação para a Transferência de Tecnologia**, 1999. 370p.
- SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. Análise de crescimento de comunidades vegetais. **EMBRAPA-CNAPA, (Circular Técnica, 34)**., p. 47, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. ArtMed, Porto Alegre, 2017, 858 p.
- TRANI, P. E.; PASSOS, F. A. 2005. Rúcula (Pinchão) *Eruca vesicaria sativa* (Mill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45. Resumos... Fortaleza: SOB (CD-ROM).
- TRANI, P. E.; RAIJ, B Van. Hortaliças. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, p.157-186, 1996. (Boletim técnico, n. 100).

## 5 ARTIGO IV- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS PARA CULTIVARES DE RÚCULA EM DIFERENTES AMBIENTES DE CULTIVO NO INVERNO

Mayra Taniely R Abade<sup>1</sup>; Élcio S Klosowski<sup>2</sup>; José Renato Stangarlin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Agronomia -PPGA, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, mayra\_agro2011@hotmail.com; <sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, elciok1@yahoo.com.br; <sup>3</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Ciências Agrárias, Rua Pernambuco, 1777, Centro, 85.960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR, jose.stangarlin@unioeste.br

### 5.1 RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa* [Miller]) é uma hortaliça herbácea, pertencente à família das Brassicaceae, originária da região Mediterrânea e oeste da Ásia, que possui porte baixo, folhas tenras e é muito apreciada na forma de saladas. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e comparar as propriedades químicas de duas cultivares em quatro ambientes de cultivo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por quatro ambientes (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e o segundo de duas cultivares (Folha Larga e Cultivada). Para sólidos solúveis foi constatado menor teor para a cv. Cultivada (5,94 °Brix) em relação à cv. Folha Larga (6,26 °Brix). Os menores teores de acidez total foram observados para plantas cv. Folha Larga a 30% de sombreamento (0,0352 g de ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup>) e para plantas cv. Cultivada a 70% de sombreamento (0,0317 g de ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup>). Para pH a cv. Cultivada quando a 70% de sombreamento apresentou os menores valores com 6,49. Para ácido ascórbico maior teor foi encontrado para plantas cv. Folha Larga a 50% de sombreamento (46,25 mg de ácido ascórbico em 100 g<sup>-1</sup> massa fresca). Cultivares de rúcula submetidas a diferentes níveis de radiação solar apresentam diferença nos parâmetros de qualidade avaliados, excetuando os pigmentos fotossintetizantes.

**Palavras chave:** *Eruca sativa* Miller. Sombreamento. Características organolépticas.

## 5.2 ABSTRACT

Arugula (*Eruca sativa* [Miller]) is an herbaceous vegetable belonging to the Brassicaceae family, which originates from the Mediterranean region and western Asia, which is small in size, tender leaves and very appreciated in the form of salads. The objective of this work was to characterize and compare the chemical properties of two cultivars in four growing environments. The experimental design was in randomized blocks, with treatments arranged in a 4 x 2 factorial scheme, with four replications. The first factor consisted of four environments (full sun, 30%, 50% and 70% shading) and the second of two cultivars (Folha Larga and Cultivada). For soluble solids it was observed a lower content for cv. Cultivada (5.94 ° Brix) in relation to cv. Folha Larga (6.26 ° Brix). The lowest levels of total acidity were observed for cv. Folha Larga at 30% shading (0.0352 g of citric acid 100 g<sup>-1</sup>) and for cv. Cultivada at 70% shading (0.0317 g of citric acid 100 g<sup>-1</sup>). For pH at cv. Cultivada when 70% of shading presented the lowest values with 6.49. For ascorbic acid higher content was found for cv. Folha Larga at 50% shading (46.25 mg of ascorbic acid in 100 g<sup>-1</sup> fresh mass). Cultivar of arugula submitted to different levels of solar radiation present difference in the quality parameters evaluated, except the photosynthetic pigments.

**Keywords:** *Eruca sativa* Miller. Shading. organoleptic characteristics.

### 5.3 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* [Miller]) é uma hortaliça herbácea, pertencente à família das Brassicaceae, originária da região Mediterrânea e oeste da Ásia, que possui porte baixo, folhas tenras e é muito apreciada na forma de saladas. Sua introdução no Brasil se deve aos imigrantes italianos que se instalaram nas regiões sul e sudeste brasileiro (SEDIYAMA; SALGADO; PINTO, 2007).

Essa hortaliça apresenta rápido crescimento e fácil cultivo em canteiros, por isso, se torna uma ótima opção para pequenos produtores. Para produção de folhas grandes e tenras é necessário que a temperatura do ar durante seu ciclo esteja entre 15 e 18°C (TRANI; FORNASIER; LISBÃO, 1992). Contudo, a rúcula tem sido cultivada ao longo do ano em diferentes regiões (FILGUEIRA, 2013), especialmente em ambientes protegidos (MACHADO et al., 2011).

O cultivo em ambiente protegido oferece uma série de vantagens, como a possibilidade de modificar as condições de temperatura e umidade do ar, radiação solar e vento (COSTA et al., 2011). A proteção do ambiente com telas pode reduzir a luminosidade, e conseqüentemente a fotorrespiração. Desta forma, em comparação ao cultivo a céu aberto, as plantas tendem a apresentar desenvolvimento adequado e maior produtividade e qualidade das folhas (SILVA et al., 2000; ROCHA, 2015).

A qualidade das folhas pode ser associada às características morfológicas, mas também se deve à presença de compostos benéficos à saúde humana. As hortaliças folhosas se destacam por apresentarem em sua composição altos teores de potássio, enxofre, ferro e vitaminas A e C (GENUNCIO et al., 2011).

O consumo de hortaliças como a rúcula contribui significativamente para proteção do organismo contra doenças degenerativas, devido à presença de antioxidantes (STRINGHETA et al., 2006). Os antioxidantes podem ser obtidos por meio da ingestão de alimentos, destacando-se as vitaminas E e C, carotenoides, clorofilas e compostos fenólicos, entre outros (ALI et al., 2008).

A vitamina C proporciona proteção contra a oxidação descontrolada no meio aquoso da célula humana, devido ao seu alto poder redutor. Em alguns casos os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante, entretanto, seu conteúdo em alimentos vegetais depende de fatores intrínsecos, como gênero, espécie e cultivar, e extrínsecos, como agrônômico, ambiental, manuseio e armazenamento (TOMÁS-BARBERÁN, ESPÍN, 2001).

O cultivo a céu aberto pode expor as plantas a condições de temperaturas acima de 18 °C e com maior incidência de radiação solar, o que pode resultar em folhas menores e mais rígidas, podendo se tornar mais pungentes e com sabor mais forte. Essa condição também favorece a emissão prematura do pendão floral, o que compromete a produção (MEDEIROS et al., 2006; ROZALES, 2006; FILGUEIRA, 2013).

A avaliação do sabor das hortaliças pode ser realizada com uso de metodologias que determinam o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez total (AT), a *ratio*, e o potencial hidrogeniônico (pH). O teor de SS é uma característica de interesse, principalmente para frutos e hortaliças comercializados *in natura*, pois o mercado consumidor prefere frutos doces (CONTI et al., 2002).

A AT indica sabor ácido ou azedo dos frutos, o que é representado pela presença de ácidos orgânicos nos vegetais, é importante para determinar a relação de doçura de um produto. A *ratio* é a relação o teor de sólidos solúveis e a acidez titulavel. O pH tem a função de indicar a quantidade ácida, a alcalinidade e a neutralidade das substancias em um meio aquoso, é importante em hortaliças por estar diretamente relacionado a sua qualidade.

Como o sombreamento favorece principalmente a fotorrespiração, é possível que o cultivo de rúcula neste ambiente resulte em alteração na composição química das folhas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e comparar a composição química de folhas de duas cultivares de rúcula cultivadas em ambiente sob tela de sombreamento de 30%, 50% e 70% e a pleno sol.

#### 5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa localizada nas coordenadas geográficas: latitude 24° 46' S, longitude 54° 22' W e altitude 420 m. O período de condução dos ensaios foi de junho a agosto de 2017.

A classificação climática proposta por Köppen, o clima é do tipo Cfa, mesotérmico, subtropical úmido (ALVARES et al., 2014) com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do ar do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C e a anual 22 e 23 °C. A umidade relativa está entre 70 a 75%. Os totais médios normais de precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais chuvoso apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

O solo predominante é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). Os resultados das análises químicas das amostras de

solo, coletadas a profundidade de 0-20 cm, da área experimental, encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Análise química do solo coletado na profundidade de 0-20 cm. Marechal Cândido Rondon, PR- 2017.

P	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----%-----					
189,12	20,17	6,3	2,7	0	1,02	3,7	2,2	7,3	10,1	73	0

Fonte: ABADE (2017).

Tabela 2- Teores de micronutrientes do solo coletado na profundidade de 0-20 cm . Marechal Cândido Rondon, PR- 2017.

Cu	Zn	Mn	Fe
-----mg dm <sup>-3</sup> -----			
13,75	13,4	106,2	29,0

Fonte: ABADE (2017).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por quatro ambientes (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) e o segundo de duas cultivares de rúcula (Folha Larga e Cultivada).

A cultivar Folha Larga apresenta as seguintes características: folhas serrilhadas e largas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias. A cv. Cultivada possui folhas compridas e recortadas, coloração verde escura, planta vigorosa e ciclo de 40 a 50 dias.

As plantas foram cultivadas em telados cobertos com telas sombrite sustentada por tubos de bambu (diâmetro de 6 cm), em forma de arco. Os telados foram construídos em conformidade com os canteiros, tendo 1,20 m de largura por 3,50 m de comprimento, e 1,20 m de altura. A semeadura foi direta e após a germinação foi realizado o desbaste, adotando o espaçamento de 0,5 cm entre plantas e 0,15 cm entre linhas.

A irrigação durante todo o ciclo foi realizada por aspersão e de acordo com as necessidades da cultura, sendo aplicada lâmina média diária de 3,8 mm dia<sup>-1</sup>. A lâmina de evapotranspiração de cultura foi determinada a partir da medida de evaporação a cada dois dias em minitanques Classe A. A partir da lâmina de evaporação foi determinada a evapotranspiração de referência (Eto) utilizando o coeficiente de tanque. A evapotranspiração de cultura foi estimada a partir de Eto e do coeficiente de cultura cujos valores foram de 0,38 (1º fase), 0,98 (2º fase), 1,03 (3º fase), 0,65 (4º fase) (SANTOS et al.,2015) .

A adubação de plantio e a adubação em cobertura foram realizadas com base em análise de solo e recomendações de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 22 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (TRANI; RAIJ, 1996), parcelada em duas aplicações durante o ciclo. A primeira aplicação no plantio e a segunda aos quinze dias de cultivo.

Em cada ambiente foi instalado *datalogger* com sensor de temperatura e umidade relativa do ar da marca Homis modelo 494. Este equipamento foi instalado em abrigo meteorológico no centro de cada ambiente. Os registros de temperatura e umidade relativa do ar foram efetuados a cada hora. Os dados meteorológicos podem ser observados na Figura 1.

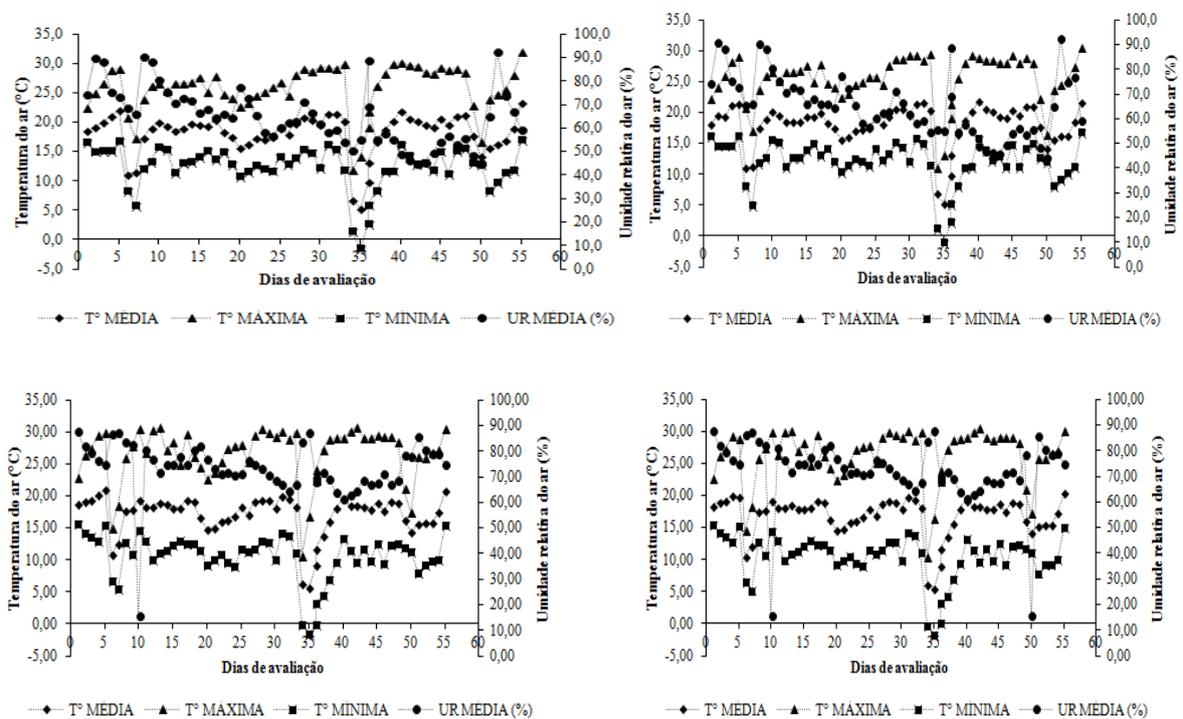


Figura 1- Dados de temperaturas média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar (UR%) média para os seguintes ambientes de cultivo: pleno sol (A), 30% (B); 50% (C) e 70% (D) de sombreamento para a cultura da rúcula no inverno. Marechal Cândido Rondon/PR- 2017.

Fonte: ABADE (2017).

Os dados de radiação solar global foram obtidos em Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática – EMOSA/MCR. A partir destes dados e das especificações de cada tela fornecidas pelo fabricante quanto à sombra proporcionada por cada modelo foi estimada a radiação solar global que seria observada em cada ambiente (Tabela 3).

Tabela 3- Médias mensais da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) a pleno sol e aproximação para os ambientes 30%, 50% e 70% de sombreamento, no período de 14/06/2017 a 08/08/. Marechal Cândido Rondon, PR- 2017.

Mês	Radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )			
	Pleno sol	30%	50%	70%
Junho	11,9873	8,3911	5,9936	3,3911
Julho	14,2042	9,9429	6,8316	4,2613
Agosto	14,2844	9,9991	7,1422	4,2853

Fonte: ABADE (2017).

A cultura foi mantida à campo até os 55 dias após emergência (DAE). Nesta data as 17:00 h foram coletadas amostras de folhas para determinação dos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), teor de ácido ascórbico (AA), *ratio*, potencial hidrogeniônico (pH) e compostos fenólicos. As folhas foram coletadas do terço médio da planta e se apresentavam completamente expandidas.

A determinação do teor de clorofilas *a*, *b* e total foram realizadas segundo o método descrito por Sims e Gamon (2002) e os carotenóides conforme Nagata e Yamashita (1992). O sobrenadante foi submetido à leitura direta em espectrofotômetro a 663 nm (clorofila *a*), 647 nm (clorofila *b*) e 470 nm (carotenóides). As concentrações dos pigmentos foram estimadas de acordo com Lichtenthaler (1987).

O teor de SS foi determinado por método direto, com refratômetro digital de bancada WYA, modelo 2WA-J, com resultados expressos em °Brix. A AT foi determinada pelo método titulação, com solução de NaOH a 1N e fenolftaleína como indicador, com resultados expressos em  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  equivalente ácido cítrico. A *ratio* foi obtida por meio da relação de SS/AT. O pH foi determinado por meio de um potenciômetro digital (IAL, 2008). O teor de AA foi determinado por titulação com 2,6-dicloro-fenol-indofenol (DCFI) (GEORGÉ et al., 2005) com modificações propostas por Benassi e Antunes (1988). Os resultados foram expressos em  $\text{mg } 100 \text{ mL}^{-1}$  de suco.

Para determinação de compostos fenólicos, a metodologia usada será de Georgé et al. (2005), onde amostras de folhas serão moídas, em moinho tipo Willye, pesadas 1 g e adicionadas em 9 mL de etanol (90%), a solução será transferida para falcon de 15 mL e levadas para ultrassom, durante 20 minutos.

Após os procedimentos, as amostras serão centrifugadas a 3500 rpm por 20 minutos e o sobrenadante transferido para falcons. Em seguida da obtenção do extrato, 0,5 mL do mesmo será misturado a 2,5 mL de Folin-ciocalteu, na proporção de 1:10 (Folin:Água) e adicionado 2,0 mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

As amostras serão mantidas no escuro por 15 minutos a temperatura de 50 °C e posteriormente o sobrenadante será coletado para realização da leitura em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 760 nm. As concentrações serão determinadas e quantificados os teores de ácido gálico em mg. As amostras com leitura menores que 0,16 e maiores que 0,84 serão diluídas e essa faixa de valores será determinada de acordo com a curva padrão para determinação dos compostos fenólicos totais. A curva pode ser visualizada na Figura 2.

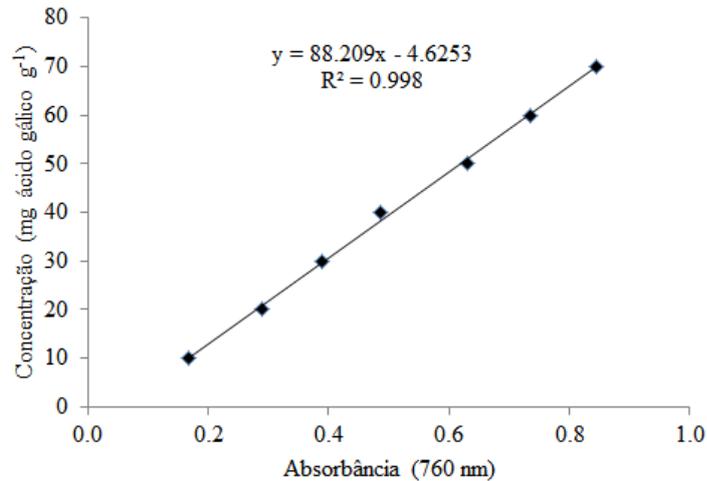


Figura 2- Curva padrão para a determinação da concentração de compostos fenólicos

Fonte: FRANÇA, D. L. B. de. (2016)

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, seguido da análise de variância. Mediante a significância dos dados pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Para os dados de pigmentos fotossintéticos foi necessária a transformação dos dados, usando a raiz de X, pois não se ajustaram a uma distribuição normal.

## 5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos não influenciaram significativamente os teores de clorofilas *a*, *b* e total e carotenóides. No entanto, é importante ressaltar que ambientes protegidos provocam grandes alterações nos elementos meteorológicos locais (Figura 1), inclusive na intensidade e qualidade espectral da radiação solar (Tabela 3), que tem importância fundamental ao crescimento e desenvolvimento das plantas por meio do processo de fotossíntese.

A ocorrência de geada aos 35 DAE (Figura 1) pode ter influenciado na ausência de diferença significativa, haja vista, que a mesma causa danos fisiológicos às plantas, por meio

do congelamento dos tecidos vegetais, provocando a morte das plantas ou de suas partes. O uso de sombrite pode ter atenuado os danos da geada, enquanto as plantas a pleno sol ficaram mais sensíveis, havendo redução da área fotossintética.

A radiação solar global (Tabela 3) pode também ter interferido nos teores de pigmentos, uma vez que para a fotossíntese o fator determinante não é quantidade de luz que chega ao aparelho fotossintético e sim a qualidade, denominada radiação fotossinteticamente ativa (PAR) a qual compreende a faixa espectral da radiação solar de comprimento de onda de 400 à 700 nm.

Para esse ensaio foram verificados valores de radiação solar inferiores ao limite trófico de  $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (BECKMANN et al., 2006) para os ambientes 50% (5,9936 em junho, 6,8316 em julho e 7,1422 em agosto) e 70% de sombreamento (3,3911 em junho, 4,2613 em julho e 4,2853 em agosto) e mesmo assim não houve diferença significativa.

Os dados encontrados não corroboram com os de Boardman (1977), o qual em seus estudos diz que espécies vegetais ao serem submetidas a altos níveis de sombreamento tendem de maneira geral, a apresentar maior teor de pigmentos fotossintetizantes, quando comparadas a plantas cultivadas a pleno sol. Desta forma, os diferentes regimes de luz proporcionados pelas telas de sombreamento não exerceram influência significativa sobre os teores de pigmentos fotossintéticos quando comparados ao cultivo a pleno sol.

Os teores de pigmentos fotossintetizantes (clorofilas *a*, *b* e total e carotenóides) são os parâmetros mais utilizados para avaliar o potencial fotossintético do tecido vegetal, pois possuem ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa, de modo a garantir maior eficiência na conversão de energia radiante em carboidratos (ALMEIDA et al., 2004).

Para sólidos solúveis a cv. Cultivada apresentou menor teor (5,94 °Brix) em relação à cv. Folha Larga (6,26 °Brix). Esse resultado confere a cv. Folha Larga melhor qualidade, pois maiores teores de sólidos solúveis conferem maior doçura ao vegetal, em consequência da menor acidez. Entre os ambientes, 50% de sombreamento apresentou menor valor de SS para as cultivares (4,61 °Brix), sendo este o ambiente que propiciou pior qualidade a rúcula (Tabela 4) devido a maior acidez.

O acúmulo de sólidos solúveis durante a vida útil dos vegetais pode ocorrer em decorrência da conversão do amido em açúcares, ocorrendo aumento na doçura e diminuição na acidez. O aumento pode vir também da síntese de compostos secundários como fenólicos simples e pelo acúmulo de ácidos orgânicos. Essa característica também é dependente de características da cultivar e do ambiente de cultivo, conforme observado nesse trabalho.

Na literatura constam trabalhos avaliando sólidos solúveis em rúcula. Vasconcelos et al. (2011), avaliando rúcula cv. Cultivada produzida em sistema *Baby Leaf*, encontraram valor de 6,20 °Brix, no entanto, as condições de cultivo e o estado fenológico das plantas eram diferentes dos aqui estudadas, o que pode ser o fator responsável pela divergência entre os resultados.

Valores inferiores aos aqui apresentados foram encontrados por Fabri et al. (2004), em cultivo no modo convencional (3,78 °Brix) e Sigrist (2002), avaliando sólidos solúveis totais em rúcula cv. Folha Larga minimamente processada e armazenada em diferentes tipos de embalagens (3,3 a 3,7 °Brix).

A diferença entre o resultado encontrado por Sigrist (2002) e o aqui apresentado pode esta relacionada à condição do vegetal antes da avaliação. As medições neste trabalho foram realizadas imediatamente após a colheita, enquanto Sigrist (2002) utilizou técnicas de armazenamento, as quais normalmente causam redução na qualidade do produto.

O tecido vegetal após a colheita não mais realiza fotossíntese, passando a usar as reservas energéticas (amido, carboidratos, açúcares e etc) para manter o metabolismo funcionando, os produtos da fotossíntese passam a ser substratos para respiração, o que justifica os baixos teores encontrados.

O manejo das variáveis ambientais, por meio do cultivo protegido, não está atrelado somente ao aumento da produção, mas também à qualidade do produto. A quantidade de açúcares é influenciada pela radiação solar, que desempenha papel importante na ativação de enzimas envolvidas no processo fotossintético, responsável pela conversão de energia solar em energia química e, conseqüentemente, formação de sólidos solúveis.

Tabela 4- Teor de sólidos solúveis (SS) em rúcula para cultivares e diferentes ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento).

<b>Cultivar</b>	SS (°Brix)
Folha Larga	6,26 a*
Cultivada	5,94 b
<b>Ambiente</b>	
Pleno Sol	6,44 a **
<b>Sombreamento</b>	
30%	5,74 a
50%	4,61 b
70%	5,60 a
CV (%)	11,5

\* Significativo teste F

\*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: ABADE (2017).

Para acidez titulável e *ratio* houve interação significativa entre cultivar e ambiente. Os menores teores de acidez titulável foram observados para a cv. Folha Larga a 30% (0,0352 g de ácido cítrico em 100 g<sup>-1</sup>) e para a cv. Cultivada a 70% de sombreamento (0,0317 g de ácido cítrico em 100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 5).

Os teores encontrados são inferiores aos citados na literatura, conferindo menor pungência e sabor menos forte a rúcula cultivada sob essa condição. Esse resultado pode estar associado às condições meteorológicas locais (Figura 1), observou-se temperaturas média do ar variando de 15 a 20 °C em quase todo o ciclo da cultura.

A acidez titulável é dada pelos ácidos orgânicos, formados durante o processo fotossintético, mais especificamente na fase de carboxilação. O teor dos ácidos orgânicos tende a diminuir durante o processo de maturação, devido à oxidação dos mesmos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, em decorrência da respiração. Nessa fase a respiração é superior à fotossíntese.

Os resultados encontrados para pleno sol estão de acordo com o esperado, pois plantas cultivadas sob condição de maior incidência de radiação solar (Tabela 3), normalmente tendem a maior atividade fotossintética e com isso, maior produção de ácidos orgânicos.

Mesmo o maior teor (0,0608 g de ácido cítrico em 100 g<sup>-1</sup>) foi inferior ao relatado por Vasconcelos et al. (2011), que encontraram acidez titulável de 0,37 g de ácido málico, em amostras cultivadas em sistema convencional. A diferença entre os resultados não significa que um sistema seja superior ao outro, pois condições de cultivo tanto ambientais quando de manejo, podem levar as plantas a expressarem respostas morfológicas, fisiologias e/ou bioquímicas diferentes a um mesmo fator avaliado.

Sigrist (2002), trabalhando com rúcula cv. Folha Larga minimamente processada e armazenada em diferentes tipos de embalagens encontraram teores de AT variando de 0,07 a 0,11 g de ácido málico 100 g<sup>-1</sup> de folha, resultado superior ao encontrado nesse trabalho, no qual os teores foram avaliados imediatamente após a colheita em condição favorável a mínimo perda de água, estando alta a relação solvente soluto.

Diante dessa comparação é importante ressaltar que condição de pós-colheita favorece a perda de água pelo tecido, resultando na concentração dos ácidos orgânicos presentes no suco celular, apesar de Sigrist (2002) ter utilizado embalagens que reduzem a perda de água, ainda houve acúmulo de solutos resultando em alta AT. Com poucas exceções, hortaliças possuem baixa acidez, em consequência apresentam a *ratio* elevada.

A *ratio* é a relação entre o teor de SS e AT, expressa o balanço entre esses componentes no vegetal, conferindo-lhe o sabor. Esse sabor pode ser mais ou menos ácido em função da região produtora ou das características da cultivar (TAVARES, 2004). As variações meteorológicas, que alteram o comportamento da variação dos sólidos solúveis e, principalmente, dos ácidos, causam mudanças no valor da *ratio*.

O maior teor da *ratio* foi encontrado para a cv. Folha larga (189,89) no ambiente 30% de sombreamento (Tabela 5). Esse resultado permite inferir que para o cultivo de rúcula de qualidade no inverno, a melhor combinação é o uso de sombreamento (30%) e da cv. Folha Larga, pois maior *ratio* indica maior teor de açúcares que de ácidos, o que torna o sabor mais palatável.

Para a mesma estação os menores teores de *ratio* foram encontrados para a cv. Cultivada a 30% e 50% de sombreamento, os quais não diferiram estaticamente entre si (Tabela 5). Esse resultado remete pior qualidade a rúcula não sendo recomendado seu cultivo no inverno sob essas condições utilizando a cv. Cultivada. Esse resultado demonstra que há diferença nas proporções açúcar/ácido entre cultivares em diferentes condições ambientais.

Tabela 5- Acidez Titulável e *Ratio* em folhas de rúcula das cultivares Folha Larga e Cultivada, sob diferentes ambientes de cultivo (pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento).

Ambiente	Acidez titulável (g de ácido cítrico em 100 g <sup>-1</sup> )		<i>Ratio</i>	
	Folha Larga	Cultivada	Folha Larga	Cultivada
Pleno sol	0,0608 aA	0,0512 aB	118,1bA	115,2bA
<b>Sombreamento</b>				
30%	0,0352 cB	0,0512 aA	189,9aA	93,7bcB
50%	0,0544 abA	0,0416 bB	102,2bA	88,6 cA
70%	0,0480 bA	0,0317 cB	122,8bB	170,6 aA
CV (%)	7,33		10,06	

\*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas para coluna e maiúscula para linha.

CV - coeficiente de variação

Fonte: ABADE (2017)

As diferenças na interceptação de radiação solar no interior do ambiente de cultivo refletem sobre o resultado produtivo dos cultivos. As transformações bioquímicas que ocorrem no interior das células, afetando a produção de açúcares, carboidrato, amido e demais compostos, em consequência, reduzindo a qualidade do produto. Sendo assim, a radiação solar é o principal fator limitante do rendimento das espécies tanto a campo quanto em ambientes protegidos (MARTINS et al., 2002).

Para o pH e teor de ácido ascórbico houve significância ( $P>0,05$ ) para interação entre cultivares e ambientes. Para pH a cv. Cultivada quando a 70% de sombreamento apresentou os menores valores (6,49). O cultivo de rúcula nos demais ambientes não propiciou diferença estatística (Tabela 6). Os valores de pH encontrados conferem um sabor mais palatável a rúcula, haja vista, que folhosas em geral apresentam um sabor amargo, influenciado pelo pH ácido, característica não muito apreciada por consumidores.

Na literatura constam trabalhos com rúcula com resultados de pH mais ácido que os aqui discutidos. Vasconcelos et al. (2011) encontraram para a cv. Cultivada pH de 5,68 em sistema convencional. Campos et al. (2013), quando avaliaram amostras de rúcula cultivada de maneira convencional e orgânica, obtiveram pH de 4,6 e 4,8, respectivamente. Os autores conferiram maior qualidade a rúcula orgânica devido ao maior pH.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) variações no pH, devido ao aumento da concentração de ácidos orgânicos nos vacúolos, ativação da enzima clorofilase e sistemas oxidantes endógenos, contribuem para a perda da cor. Entre os ácidos orgânicos presentes em vegetais encontra-se o ácido ascórbico, que ocorre amplamente em tecido de plantas. Esta é a molécula central do equilíbrio redox e na defesa ao estresse em plantas, pela cadeia de transporte de elétrons. Também possui poder oxidante em células animais, sendo altamente requerido em alimentos.

Para ácido ascórbico maior teor foi encontrado a 50% de sombreamento para a cv. Folha Larga (46,25 mg de ácido ascórbico em 100 g<sup>-1</sup> MF) (Tabela 6). Diante desse resultado, supõe-se que o ambiente 50% de sombreamento impôs a cv. Folha Larga uma condição de estresse, ao qual respondeu aumentando a produção deste ácido. Teores encontrados nessa situação estão abaixo daquele constatado na tabela brasileira de composição de alimentos (46,3 mg 100 g<sup>-1</sup> Massa Fresca), NEPA – UNICAMP (2011), a qual caracteriza hortaliças tipo folha que apresentam parâmetros satisfatórios de pós colheita indicados para a comercialização.

Na literatura encontra-se o trabalho de Sigrist (2002), o qual avaliando teores de ácido ascórbico, obteve valores variando de 63,05 a 115,80 mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de folhas. Valores estes acima dos aqui apresentados e também do constatado na tabela brasileira de composição de alimentos. A diferença entre os tratamentos assim como a condição de cultivo influenciam na bioquímica do vegetal alterando a produção de compostos.

Para a cv. Cultivada os valores encontrados no ambiente pleno sol e 50% de sombreamento (7,92 e 14,58 g de ácido ascórbico em 100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 6) foram inferiores ao

encontrado na tabela brasileira. Essa discrepância pode ser atribuída às condições de temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar de cada ambiente.

De forma geral, a cv. Cultivada apresentou menor teor de ácido ascórbico que a cv. Folha Larga. Por esse composto ser uma resposta do metabolismo secundário da planta a uma condição de estresse, supõe-se que a cv. Cultivada sofreu menos com as condições adversas impostas pelo ambiente.

O baixo teor de ácido ascórbico encontrado a pleno sol para a cv. Cultivada pode estar atrelado a este ser destruído quando o vegetal é submetido a condições de altas temperaturas por um período prolongado, nessa situação ocorre oxidação irreversível.

Tabela 6- Potencial hidrogeniônico (pH) e teores de ácido ascórbico em folhas de rúcula cultivares Folha Larga e Cultivada, sob diferentes ambientes de cultivo.

Ambiente	pH		Ácido Ascórbico (mg de ácido ascórbico em 100 g <sup>-1</sup> )	
	Folha Larga	Cultivada	Folha Larga	Cultivada
Pleno sol	6,64 aA	6,62 aA	26,7 bA	7,9 bB
<b>Sombreamento</b>				
30%	6,54 aA	6,68 aA	46,2 aA	19,6 aB
50%	6,65 aA	6,55 aA	21,2 bA	14,6 abA
70%	6,98 aA	6,49 aB	28,3 bA	21,7 aA
CV (%)	1,61		23,49	

\*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas para coluna e maiúscula para linha.

CV - coeficiente de variação.

Fonte: ABADE (2017).

Para teores de compostos fenólicos houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre cultivares e ambientes. Maiores teores foram observados para a rúcula a pleno sol, não diferindo estatisticamente para as duas cultivares (Tabela 7).

Esse resultado pode ser uma resposta fisiológica da planta a uma condição de estresse luminoso a qual foi submetida, haja vista, que são originados do metabolismo secundário das plantas, normalmente derivado de reações de defesa contra agressões do ambiente. A oxidação dos ácidos orgânicos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, em decorrência da respiração é fundamental para a síntese de compostos fenólicos.

A determinação dos teores de compostos fenólicos em tecidos vegetais é a etapa inicial de qualquer investigação de funcionalidade fisiológica para posterior estímulo ao consumo do produto, pois juntamente com o ácido ascórbico provavelmente possuem

capacidade antioxidante para o organismo humano. Os compostos fenólicos são capazes de reduzir radicais livres e quelar metais, enquanto o ácido ascórbico pode ter um papel pro-oxidante na presença de metais de transição (HALLIWELL, 2001).

Tabela 7- Teor de compostos fenólicos em folhas de rúcula para cultivares e diferentes ambientes de cultivo.

Ambiente	Compostos Fenólicos (mg ácido gálico g <sup>-1</sup> de matéria seca)	
	Folha Larga	Cultivada
Pleno sol	38,3 aA	36,8 aA
<b>Sombreamento</b>		
30%	26,0 bA	17,3 bB
50%	20,2 bA	26,4 bA
70%	19,4 bA	21,3 bA
CV (%)	18,76	

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade .  
Letras minúsculas para coluna e maiúscula para linhas.  
CV - Coeficiente de variação

Fonte: ABADE (2017).

Normalmente, menor incidência de energia solar contribui para diminuir a fotorrespiração, e proporcionar melhores condições ambientais aumentando a produtividade e qualidade das folhas para consumo. Neste trabalho, os resultados foram em direção oposta a essa afirmação, possivelmente devido a época de condução do experimento, haja vista, que no inverno a incidência de radiação solar é menor.

A composição química das plantas pode variar entre diferentes espécies e mesmo dentro de cada espécie, de acordo com as condições ambientais às quais elas são submetidas (Taiz; Zeiger, 2017). A qualidade de plantas de rúcula é diretamente influenciada pelas condições ambientais e também varia dependendo da cultivar utilizada. Neste experimento, ambientes mais sombreados reduziram a qualidade das hortaliças, possivelmente por ativarem rotas metabólicas secundárias que causam redistribuição de fotoassilados e maior gasto de energia.

## 5.6 CONCLUSÃO

Os ambientes de cultivo resultaram em alterações na composição química das folhas de rúcula, a exemplo aumento na acidez. Aumento da acidez em plantas cultivadas a pleno sol, confere maior pungência as mesmas.

Para cultivo de rúcula no inverno o ambiente que proporcionou plantas com melhores resultados de qualidade química foi 30% de sombreamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, S. S.; KASOJU, N.; LUTHRA, A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A.; BORA, U. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v. 41, p.1-15, 2008.

ALMEIDA, L. P. de; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 1, p. 83-88, jan./fev. 2004. Disponível em: <<http://189.126.110.61/crural/article/viewFile/16042/16908>>. Acesso em: 20 set. 2017.

ALVARES CA; STAPE JL; SENTELHAS PC; DE MORAES GONÇALVES JL; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

BECKMANN, M. Z; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 1, p. 86-92, jan./fev.2006. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782006000100013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000100013)>. Acesso em: 20 agost. 2017.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** v.34, p. 507-513, 1988.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, p. 355-377, 1977.

CAMPOS, B. de; OLIVEIRA, V. S.; OSHIRO, A. M. Avaliação química de rúcula de diferentes procedências. **Interbio**, v. 7, n.1, p. 54-60, 2013. Disponível em:< [http://www.unigran.br/interbio/paginas/ed\\_antiores/vol7\\_num1/arquivos/artigo6.pdf](http://www.unigran.br/interbio/paginas/ed_antiores/vol7_num1/arquivos/artigo6.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2016.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Versão 1.0. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2000. CD-ROM.

CONTI, J. H; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.10-17, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA. 785 p. 2005.

COSTA, C. M. F.; SEABRA JÚNIOR, S.; ARRUDA, G. R.; SOUZA, S. B. S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 32, n.1, p. 93-102, jan./mar. 2011. Disponível em:

<[www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/3808/718](http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/3808/718)>. Acesso em: 30 may 2016.

FABRI, E. G.; SALA, F. C.; FABRÍCIO, F.; RONDINO, E.; MINAMI, K.; COSTA, C. P.; JACOMINO, A. P. Avaliação da qualidade de variedades de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n.2, p. 430-431, 2004. Disponível em:<[www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44\\_427.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_427.pdf)>. Acesso em:

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

FILGUEIRA, F. A. R.. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 421 p. 2013

GENUNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; SÁ, N. M.; MARY, W.; ZONTA, E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 4, p. 605-608, out./dez. 2011. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-05362011000400027](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362011000400027)>. Acesso em: 30 agos. 2017

GEORGÉ, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamim C in plant derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1370-1373, 2005.

HALLIWELL, B. Vitamin C and genomic stability. **Mutation Research: Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v. 475, n. 1-2, p. 29-35, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ- IAL. 2008. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. In: ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (coord). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Meth Enzymol**, p. 350-382, 1987.

MACHADO, F. F.; NOVACK, M. M. E.; NÖRNBERG, J. L.; COLPO, E. Análise de frações de fibra alimentar em rúcula e alface em diferentes estágios de maturação, sob sistema hidropônico. **Alimentos e Nutrição**, v. 3, n. 2, p. 401-406, 2011.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S; ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n.200-201, p. 15-23, 2002..

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Japanese Society for Food Science and Technology**, v. 39, n.10, p. 925-928, 1992.

NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação - UNICAMP. 2011. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO**. 4 ed. Disponível em

<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>. Acessado em 16 de setembro de 2017.

ROCHA, R. C.; CAMPOS, C. O.; OLIVEIRA, G. M.; GOTO, R.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; VIEIRA, J. P. S.; SILVA, L. B.; CARVALHO, T. G. Características de crescimento de híbridos de tomateiro em ambiente protegido e a campo aberto na região do Submédio do São Francisco. **Revista SODEBRAS**, v. 10, n. 112, p.130-135, abril/ 2015. Disponível em:< <http://sodebras.com.br/edicoes/N112.pdf>> Acesso em: 25 set. 2017.

SANTOS LW; SILVA CB; SILVA JC da; ALVES É. S; SANTOS DP; SANTOS MAL.2015. Determinação do coeficiente de cultivo da rúcula (*Eruca sativa*) Cultivada na Região Agreste do Estado de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25. Anais... São Cristovão/SE. P.941-946

SANTOS, H. G. dos; ALMEIDA, J. B. de; LUMBREAS, J. F.; ANJOS, L. H. C. dos; COELHO, M. Z. ; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. O. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p

SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; PINTO, C. L. O. **101 Culturas, manual de tecnologias agrícolas**. In: JUNIOR TJP; VENZON M. Rúcula. Belo Horizonte: EPAMIG. p.683-686. 2007.

SIGRIST, J. M. M.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; SILVEIRA, N. F. A.; CALEGARIO, F. F.; PRESTES, E. B.; MINAMI, K. . Influência de embalagens com filmes flexíveis na qualidade de rúcula minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas (SP), 2003.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, n. 1, p. 337-354, 2002.

SILVA, V. F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; PEDROSA, J. F.. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.18, n. 3, p. 183-187, nov. 2000. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n3/v18n3a08>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

STRINGHETA, P. C.; NACHTIGALL, A. M. OLIVEIRA, T. T. RAMOS, A. M.; SANTANA, H. M. P.; GONÇALVES. Luteína: Propriedades antioxidantes e benefícios a saúde. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 17, n. 2, p. 229-238, abr./jun. 2006. Disponível em: < <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/268/261>>. Acesso em: 20 de ju. 2017.

VASCONCELOS, R. de L.; FREITAS, M. de P. N.; BRUNINI, M. A. Características físico-químicas da rúcula cv. Cultivada produzida no sistema convencional e no *Baby leaf*. **Nucleus**, v. 8, n. 2, p. 7-14, 2011. Disponível em: < <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/607>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. Ed. ArtMed, Porto Alegre, 2017, 858 p.

TAVARES, S.; CASTRO, P. ; SILVA, G. P. ; SASAKI, F. F. . Manutenção da Qualidade Pós-colheita da lima ácida 'Tahiti' com N-Large. In: I Workshop Internacional de Pós-colheita de Frutas e II Workshop Internacional de Pós-colheita de Citros, 2004, Cordeirópolis - SP. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 16. p. 21-22, 2004.

TOMÁS- BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 8, p. 853-879, 2001.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. 1992. **Cultura da rúcula**. Boletim técnico do Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 8 p. (Instituto Agronômico, n. 146).

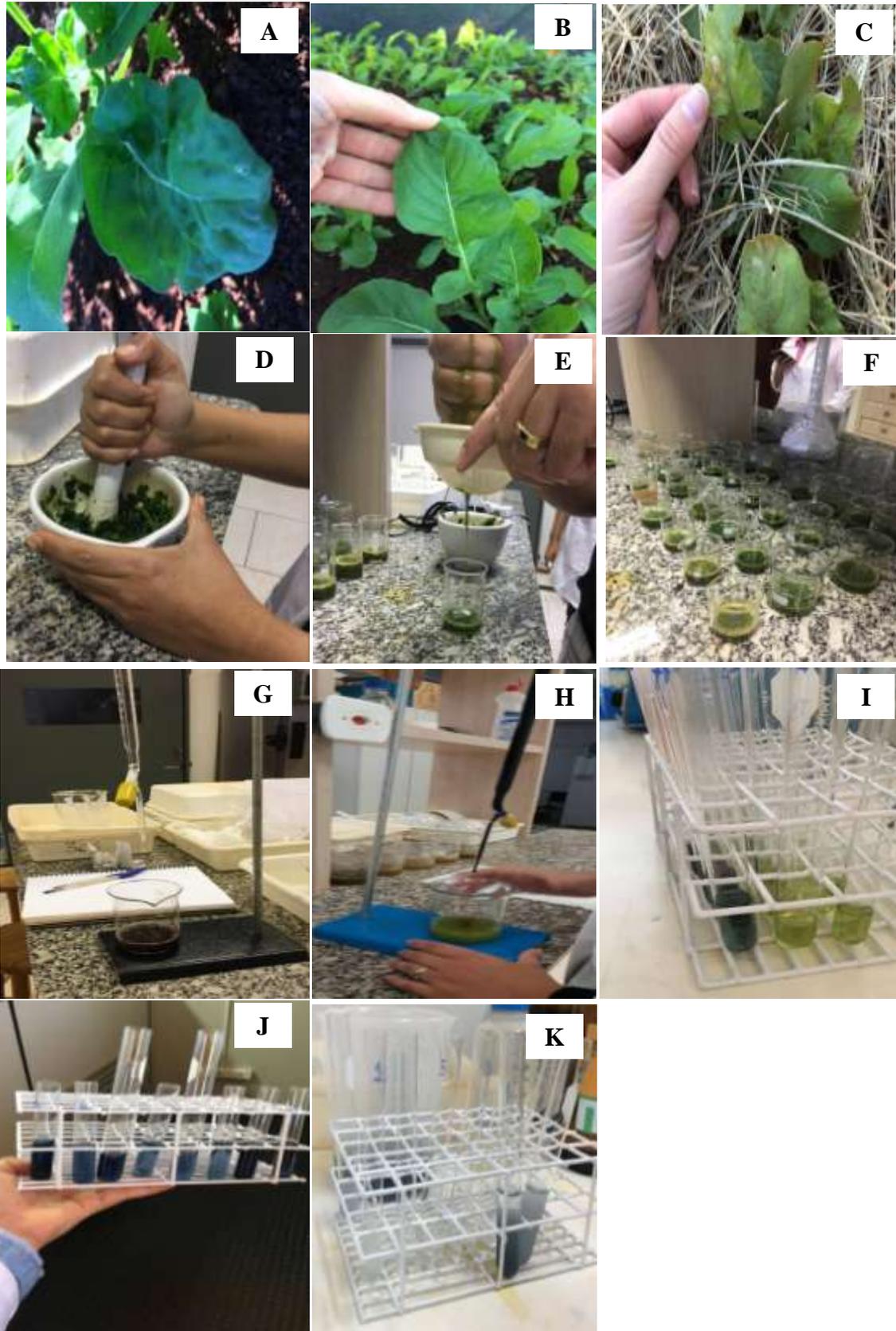
TRANI, P. E.; RAIJ, B. V. Hortaliças. In: RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, p.157-186, 1996. (Boletim técnico, n. 100).

## **6 CONCLUSÕES GERAIS**

As cultivares estudadas apresentaram desempenho agrônômico e aspectos químicos diferenciados para as condições de ambiente as quais foram submetidas. A cultivar Folha Larga apresentou melhores características quantitativas e qualitativas quando comparada as demais. O uso de sombreamento contribuiu positivamente para o cultivo da rúcula, principalmente quando houve redução de 30% e 50% da luz incidente na primavera.

A influência das condições climáticas sobre o crescimento e desenvolvimento da rúcula foi constatada pela duração dos ciclos culturais nas estações de inverno e primavera. Na primavera em ambiente protegido a duração do ciclo foi de 40 DAE e a pleno sol e sob os níveis de sombreamento foi de 35 DAE. No inverno também a pleno sol e sob níveis de sombreamento foi de 60 DAE.

## ANEXOS



ANEXO A- Plantas de rúcula cultivadas em ambiente sombreados após ocorrência de geadas (A e B) plantas de rúcula cultivadas a pleno sol após ocorrência de geadas (C); maceração de folhas de rúcula para obtenção de extrato para análise de qualidade (D); filtragem de extrato de folhas de rúcula para posterior avaliação (E); extrato de rúcula após filtragem (F); titulação com NaOH para determinação de Acidez titulável (G); determinação de compostos fenólicos em folhas de rúcula ( H, I, J e K).