

TAMANHOS DE PARCELA E DE AMOSTRA E RELAÇÕES  
LINEARES PARA VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS EM MUDAS DE  
ALFACE

**GABRIELLA RODRIGUES GONÇALVES**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2020

TAMANHOS DE PARCELA E DE AMOSTRA E RELAÇÕES  
LINEARES PARA VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS EM MUDAS DE  
ALFACE

**GABRIELLA RODRIGUES GONÇALVES**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Lopes Prins.

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO - 2020

### **FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

G635

Gonçalves, Gabriella Rodrigues.

Tamanhos de parcela e de amostra e relações lineares para variáveis biométricas em mudas de alface / Gabriella Rodrigues Gonçalves. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

72 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2020.

Orientadora: Claudia Lopes Prins.

1. Hortaliça. 2. Produção de mudas. 3. Correlação. 4. Análise de trilha. 5. Dimensionamento amostral. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

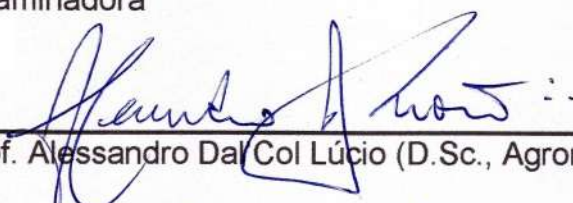
TAMANHOS DE PARCELA E DE AMOSTRA E RELAÇÕES  
LINEARES PARA VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS EM MUDAS DE  
ALFACE

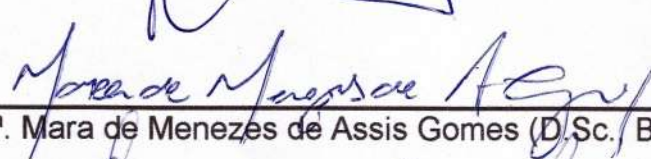
**GABRIELLA RODRIGUES GONÇALVES**

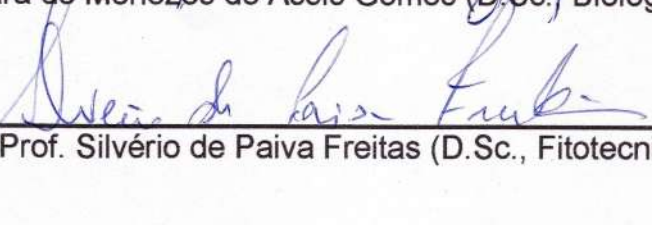
Dissertação apresentada ao Centro de  
Ciências e Tecnologias Agropecuárias da  
Universidade Estadual do Norte  
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Mestra em Produção Vegetal.

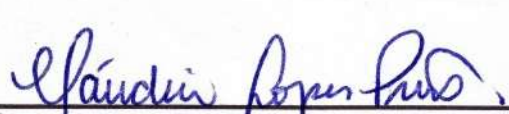
Aprovado em 19 de fevereiro de 2020

Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Alessandro Dal Col Lúcio (D.Sc., Agronomia) – UFSM

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup>. Mara de Menezes de Assis Gomes (D.Sc., Biologia Vegetal) – UENF

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Silvério de Paiva Freitas (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup>. Cláudia Lopes Prins (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
(Orientadora)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por TUDO.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro juntamente ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de ensino e de pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio – Código de Financiamento 001.

A Universidade Federal de Santa Maria por ter aberto as portas e me permitido realizar uma parte da minha pesquisa.

A Pesagro-Rio pela disponibilização da área experimental, em especial a José Márcio, Fátima e Seu Amaro, pelo auxílio durante todo o experimento.

A minha equipe de laboratório: Enzo, Letícia, Israel e Lia pelo auxílio nas avaliações do experimento e pelos bons momentos vividos fora do laboratório.

A equipe da UFSM: Franciele, Patrícia André e Bruno eu agradeço pelo grande auxílio prestado nas análises estatísticas, principalmente à Maria pelos auxílios tanto pessoalmente como virtualmente. Por terem me acolhido tão bem e por me fazerem sentir querida. Juntamente, agradeço ao querido professor Alessandro Dal’Col Lúcio pelo auxílio e ideias durante toda a pesquisa, pela paciência em ensinar, pela oportunidade prestada, pela orientação e por todo carinho com que me acolheu. Vocês são todos muito queridos.

À banca examinadora, pela disposição e pelas críticas construtivas.

A minha amada família Rodrigues pelo suporte durante todo esse trajeto e por compreenderem meus momentos de ausência. Em especial, a minha mãe Genilza e minha avó Carmem, por serem meu exemplo de força, garra e dedicação e meus maiores exemplos como ser humano. Só estou aqui pelo amor de vocês.

Aos meus amigos Matheus, Danielle e Karen que sempre torceram por mim, compreenderam minha ausência e mesmo assim nunca estiveram distantes.

Aos grandes amigos que fiz durante esse trajeto: Patricia, Wallace, Paulão, Derivaldo, Assistony, Jozimara e Bruna, eu agradeço por todos os momentos vividos, por todos os papéis top e por terem compartilhado a vida comigo. Ao Talles, grande amigo que já compartilha da vida comigo há alguns anos e que foi meu grande incentivador.

Em especial, agradeço aos amigos que estiveram comigo desde o começo dessa caminhada: Mayara, Rafael, Leandro e Liliane. Vocês tornaram a minha vida mais leve. Agradeço imensamente pela grande parceria e companheirismo, pelos bons e maus momentos. É muito bom ter vocês comigo.

A minha querida amiga e orientadora Cláudia Prins, agradeço de forma especial por ter sido minha grande companheira durante essa jornada. Por me mostrar a direção, por me apoiar, por querer ouvir a minha opinião, por ter sido minha parceira dentro e fora de laboratório. Você foi essencial durante essa trajetória. Nunca perca esse brilho.

Meu muito obrigada a todos, essa vitória não é só minha.

## SUMÁRIO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>       | <b>vi</b>   |
| <b>RESUMO .....</b>                      | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>                    | <b>x</b>    |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>               | <b>1</b>    |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>    | <b>4</b>    |
| 2.1 Cultura da alface .....              | 4           |
| 2.2 Qualidade de mudas .....             | 7           |
| 2.2.1 Altura da parte aérea .....        | 8           |
| 2.2.2 Diâmetro do caule.....             | 8           |
| 2.2.3 Massa .....                        | 8           |
| 2.2.4 Área foliar .....                  | 8           |
| 2.2.5 Volume da raiz.....                | 9           |
| 2.2.6 Área da raiz .....                 | 9           |
| 2.3 Tamanho de parcela e de amostra..... | 10          |
| 2.4 Correlação.....                      | 13          |
| 2.4.1 Análise de trilha .....            | 13          |
| 2.4.2 Correlação canônica .....          | 14          |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. TRABALHOS.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>3.1 TAMANHOS DE PARCELA E DE AMOSTRA PARA AVALIAÇÕES DE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS EM MUDAS DE ALFACE.....</b> | <b>16</b> |
| RESUMO .....   | 16        |
| ABSTRACT .....   | 17        |
| 3.1.1 INTRODUÇÃO .....   | 17        |
| 3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 19        |
| 3.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 22        |
| 3.1.4 CONCLUSÕES.....  | 29        |
| 3.1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 30        |
| <b>3.2 RELAÇÕES LINEARES ENTRE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DE MUDAS DE ALFACE .....</b>                            | <b>33</b> |
| RESUMO .....   | 33        |
| ABSTRACT .....   | 34        |
| 3.2.1 INTRODUÇÃO .....   | 35        |
| 3.2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 37        |
| 3.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 39        |
| 3.2.4 CONCLUSÕES.....  | 58        |
| 3.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 58        |
| <b>4. RESUMO E CONCLUSÕES.....</b>   | <b>63</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>65</b> |



## LISTA DE ABREVIATURAS

AF – Área foliar

AR – Área da raiz

CE – Condutividade elétrica

cm – Centímetro

cm<sup>2</sup> - Centímetro quadrado

CP – Comprimento da parte aérea

CPMRZ - Comprimento médio da raiz

CR – Comprimento da raiz

CRA – Comprimento do ramo

CT – Comprimento total

CV – Coeficiente de variação

DC – Diâmetro do caule

DAE – Dias após a emergência

DMRA - Diâmetro médio da raiz

g - Gramas

IQD – Índice de qualidade de Dickson

IQDE – Índice de qualidade de desenvolvimento

IV - Índice de velocidade

kg - Quilogramas

MFPA – Massa fresca da parte aérea

MFR – Massa fresca da raiz

MFT – Massa fresca total

m - Metro

mm - Milímetro

mm<sup>2</sup> - Milímetro quadrado

MSPA – Massa seca da parte aérea

MSR – Massa seca da raiz

MST – Massa seca total

NC – Número de condição

NPK – Nitrogênio, fósforo e potássio

NF – Número de folhas

NFM – Número de folhas da muda

Pesagro - Empresa de Pesquisa Agropecuária

PSRA – Peso da matéria seca do ramo

PSRZ – Peso da matéria seca da raiz

PTME - Porcentagem e tempo médio de emergência

r – Coeficiente de correlação de Pearson

VR – Volume da raiz

VIF – Fator de inflação da variância

°C – Graus Celsius

## RESUMO

GONÇALVES, Gabriella Rodrigues. M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2020; Tamanhos de parcela e de amostra e relações lineares para variáveis biométricas em mudas de alface. Orientadora: Prof<sup>a</sup> Cláudia Lopes Prins.

A introdução do uso de mudas na produção de hortaliças proporcionou significativos avanços na área. No entanto, para o sucesso da produção de hortaliças a obtenção de mudas de qualidade é um fator essencial, sendo esta qualidade influenciada por aspectos biométricos. O primeiro passo para estabelecer uma pesquisa é a estimativa do tamanho da amostra a ser adotada nas observações das variáveis. Esse tamanho depende do grau de precisão desejado e da homogeneidade dos elementos populacionais. Sendo assim a amostra adequada varia de acordo com as variáveis em estudo. O estudo das correlações entre caracteres tem aplicações em praticamente todos os campos de pesquisa. A correlação simples permite apenas avaliar a magnitude e o sentido da associação entre dois caracteres. A análise de trilha permite identificar o desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos das variáveis sobre uma característica básica e a correlação canônica permite identificar as correlações entre dois grupos de variáveis. Dessa forma, o objetivo do trabalho é estimar o tamanho da parcela e da amostra e correlacionar as variáveis biométricas indicadoras de qualidade nas mudas de alface. A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido. Foram semeadas quatro bandejas de 128 células e quatro bandejas de 200 células. Foram avaliadas área

foliar, diâmetro do caule, altura da parte aérea, comprimento, área e volume da raiz e massas seca e fresca. Os tamanhos de parcela e amostra foram estimados. As relações entre as variáveis foram determinadas através dos coeficientes de correlações lineares de Pearson. Os efeitos diretos e indiretos foram determinados a partir da análise de trilha, e para isso foi definido a variável dependente principal e as demais variáveis foram submetidas a análise de *stepwise* com o objetivo de selecionar as variáveis explicativas que não causavam multicolinearidade na matriz de correlação. Os grupos formados foram variáveis da parte aérea *versus* variáveis de raiz das mudas. O tamanho de amostra se mostrou diferente para todas as características avaliadas nesse trabalho. Para a bandeja de 128 células, 12 mudas são necessárias para avaliar todas as variáveis citadas, enquanto na bandeja de 200 células são necessárias 11 mudas para avaliar todas as variáveis. As variáveis apresentaram correlação entre si. Para bandeja de 128 células houve correlação significativa entre as variáveis massa fresca total e massa fresca da parte aérea. Para a bandeja de 200 células houve correlação significativa entre as variáveis massa fresca total e massa fresca da parte aérea. Na análise de trilha, a variável área foliar é explicada pela variável massa seca da parte aérea, enquanto a variável massa fresca da parte aérea é explicada pelas variáveis área foliar e massa seca da parte aérea nas bandejas de 128 e 200 células, respectivamente. Na correlação canônica, o grupo de variáveis da parte aérea é influenciada pelas variáveis do grupo de variáveis de raiz.

## ABSTRACT

GONÇALVES, Gabriella Rodrigues. M.Sc., North Fluminense State University – Darcy Ribeiro. February 2020; Plot and sample sizes and linear relationships between biometric variables in lettuce transplants. Advisor: Prof. Cláudia Lopes Prins.

The introduction of the use of seedlings in the production of vegetables offered advanced improvements in the area. However, for the success of vegetable production, the use of quality seedlings is an essential factor, this quality being influenced by biometric aspects. The first step in establishing a survey is to estimate the sample size to be adopted in the observations of the variables. This size depends on the degree of precision desired and the homogeneity of the population elements. Thus, the appropriate sample varies according to the variables under study. The study of correlations between characters has applications in virtually all fields of research. The simple correlation allows only to evaluate the magnitude and the direction of the association between two characters. The path analysis allows to identify the unfolding of the correlations in direct and indirect effects of the variables on a basic characteristic and the canonical correlation allows to identify the correlations between two groups of variables. Thus, the objective of the work is to estimate the plot size and sample size and correlate the biometric variables that indicate quality in the lettuce seedlings. Sowing was carried out in expanded polystyrene trays. Four 128-cell trays and four 200-cell trays were seeded. Leaf area, stem diameter, shoot height,

length, root area and volume and dry and fresh masses were evaluated. Plot and sample sizes were estimated. The relationships between variables were determined using Pearson's linear correlation coefficients. The direct and indirect effects were determined from the path analysis, for which the main dependent variable was defined and the other variables were subjected to *stepwise* analysis in order to select the explanatory variables that did not cause multicollinearity in the correlation matrix. The groups formed were aerial part variables versus seedling root variables. The sample size proved to be different for all the characteristics evaluated in this work. For the 128 cell tray, 12 seedlings are needed to evaluate all the variables mentioned, while in the 200 cell tray, 11 seedlings are needed to evaluate all variables. The variables correlated with each other. For a 128 cell tray, there was a significant correlation between the variables total fresh weight and fresh weight of the aerial part. For the 200 cell tray there was a significant correlation between the variables total fresh weight and fresh weight of the aerial part. In the path analysis, the leaf area variable is explained by the aerial part dry mass variable, while the aerial part fresh mass variable is explained by the aerial leaf and dry mass variables in the 128 and 200 cell trays respectively. In the canonical correlation, the group of variables of the aerial part is influenced by the variables of the group of root variables.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças de qualidade se inicia com cuidados que vão desde a formação das mudas até os tratamentos de pós-colheita dos produtos. Além disso, a utilização de mudas de qualidade é de grande importância para que o produto final também seja de qualidade, considerando-se que falhas nesta etapa podem resultar em perdas da produção. Mudas com características superiores exibem potencial elevado de crescimento e sobrevivência após o transplante, reduzindo replante, tratamentos culturais e manutenção (Ferreira et al., 2017; Alves et al., 2015). Portanto, a produção das mudas é uma etapa significativa do sistema de produção de hortaliças, por influenciar o desempenho das plantas no campo. Neste sentido, estudos relacionados à produção de mudas são importantes para a produção de hortaliças.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é oriunda da região do mediterrâneo, onde predomina o clima temperado (Bezerra Neto, 2005). Ela é pertencente ao grupo de hortaliças folhosas e seu consumo é in natura, na forma de salada (Filgueira, 2008). Está entre as dez hortaliças mais consumidas no Brasil, sendo sua área de cultivo de, aproximadamente, 30.000 ha por ano (Sala e Costa, 2016). Foi reportado que sua produção no Brasil no ano de 2017 foi cerca de 671.509 toneladas (IBGE, 2017).

Sua grande adaptação às condições climáticas, a possibilidade de diversos cultivos no mesmo ano, seu baixo custo de produção, a comercialização segura e a pouca suscetibilidade a pragas e doenças fazem com que seja a

hortaliça preferida pelos pequenos produtores, lhe conferindo importância econômica e social, sendo significativo fator de agregação do homem do campo (Medeiros et al., 2007).

Em algumas áreas de estudo é importante medir a existência ou intensidade da interação entre variáveis. Na produção vegetal, por exemplo, o estudo das relações entre as variáveis é um aspecto importante a se considerar, pois pode possibilitar a obtenção de ganhos para variáveis de interesse por meio da manipulação de outras variáveis correlacionadas (Souza, 2013). Dessa forma, a análise de correlação mede a intensidade e a direção da relação linear entre duas variáveis (Charnet et al., 2008)

A correlação linear de Pearson permite avaliar a magnitude e o sentido das relações entre duas variáveis (Cruz e Carneiro, 2003). Porém não permite que sejam tiradas conclusões sobre as relações de causa e efeito entre as variáveis. Com isso, Wright (1921) desenvolveu o método da análise de trilha, que consiste no desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos, permitindo medir a influência direta e indireta de uma variável sobre outra principal. Além das citadas, as análises de correlações canônicas também são utilizadas, podendo verificar as correlações entre dois grupos de variáveis (Cruz et al., 2012). Análises via correlações canônicas permitem a seleção de grupos de variáveis, conferindo maiores ganhos do que quando se limita a apenas análise de duas variáveis (Bezerra Neto et al., 2005).

Outro aspecto importante a ser considerado nos experimentos é que para se obter resultados confiáveis em pesquisas envolvendo diferentes culturas agrícolas, é indispensável o correto dimensionamento do tamanho da amostra (número de plantas) que deverá ser utilizado (Toebe et al., 2017). Nesse sentido, Bussab e Morettin (2011) destacam que o tamanho de amostra é inversamente proporcional ao erro permitido a priori pelo pesquisador, sendo maior de acordo com o aumento da variabilidade dos dados e da confiabilidade desejada. Além disso, o dimensionamento amostral é importante devido a limitações de recursos financeiros, de tempo e de mão de obra (Burin et al., 2014).

Na literatura científica são encontrados trabalhos referentes ao dimensionamento amostral, como a determinação amostral para abóbora italiana (Souza et al., 2002), pimentão (Lúcio et al., 2003) e feijão-vagem (Haesbaert et



al., 2011). Porém, esses trabalhos se referem às plantas já em cultivo, e não com a fase de muda.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar as relações lineares existentes entre variáveis biométricas em mudas de alface e determinar os tamanhos de parcela e de amostra necessários para a avaliação dessas variáveis.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteraceae e é classificada como uma hortaliça folhosa de grande aceitação no mercado. Ela é cultivada em grande escala no Brasil, principalmente por pequenos agricultores, em diferentes modalidades de cultivo. Seu cultivo apresenta algumas limitações como condições desfavoráveis de umidade e temperatura que podem favorecer o aparecimento de fitopatógenos (Carvalho Filho et al., 2009; Braz et al., 2014). Ela é uma planta herbácea com caule pequeno em que as folhas se prendem. As folhas são amplas, crescem em roseta em volta do caule, podem ser lisas ou crespas, podendo formar ou não uma “cabeça”. A coloração da alface varia de tons de verde ou roxa, de acordo com a cultivar. O sistema radicular é ramificado e superficial, explorando os primeiros 25 cm do solo, quando a cultura é transplantada (Filgueira, 2008).

A temperatura ideal para germinação de muitas cultivares de alface está entre 15 e 22°C e a germinação pode ser inibida acima de 27°C (Cantliffe et al., 2000). A etapa vegetativa do ciclo ocorre em dias curtos e temperaturas amenas ou baixas, para todas as cultivares, e é inclusive, resistente a baixas temperaturas e geadas leves (Filgueira, 2008).

A alface é bastante utilizada na alimentação humana, pois é rica em compostos promotores de saúde, como vitaminas C e E, polifenóis, fibras, tocoferóis e luteína (Hooper e Cassidy, 2006), que desempenham papéis

importantes na prevenção da incidência de muitas doenças crônicas (Christopoulou et al., 2015).

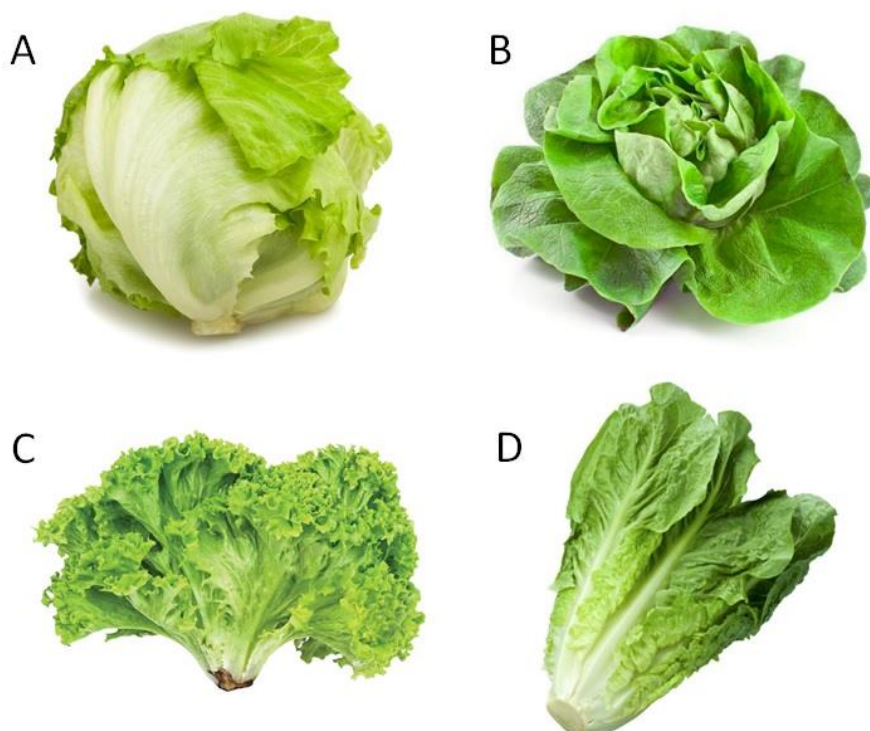
Existem diversas cultivares, mas os principais objetivos dos fitomelhoristas brasileiros tem sido desenvolver cultivares que apresentem maior resistência ao pendoamento precoce e ao mosaico-da-alface, algumas cultivares também são resistentes à queima-da-saia. Essas cultivares viabilizam a cultura ao longo do ano. As cultivares podem ser agrupadas considerando os aspectos das folhas, e a característica de formar ou não cabeça. Dessa forma, obtêm-se os grupos diferenciados de acordo com Filgueira (2008):

**Tipo americana:** As folhas são crespas com nervuras destacadas, formando uma cabeça compacta. As folhas internas são mais crocantes e mais claras que as externas. É resistente ao transporte e conserva-se melhor após a colheita. Outras cultivares têm sido desenvolvidas no Brasil como, Tainá, Madona e Lucy Brown.

**Tipo lisa:** As folhas são lisas, soltas e macias e não há a formação da cabeça. A cultivar tipicamente utilizada é a Babá de Verão, mas há outras como Monalisa, Luisa e Regina.

**Tipo crespa:** As folhas são crespas, soltas e consistentes, não havendo a formação de cabeça. A cultivar tradicional é a cultivar norte-americana Grand Rapids. Há também novas cultivares como Verônica, Vanessa, Marisa e Solaris.

**Tipo romana:** Esse grupo possui uma importância econômica menor que as anteriores, sendo restrita pelos consumidores. As folhas são alongadas e consistentes, com nervuras bem protuberantes formando cabeça fofa. Alguns exemplos são as cultivares Romana Branca de Paris e Romana Balão.



**Figura 1.** Tipos de alface. (A) Alface do tipo americana; (B) Alface do tipo lisa; (C) Alface do tipo crespa e (D) Alface do tipo romana.

Para a implantação da cultura, pode-se realizar a sementeira em bandejas de poliestireno expandido com posterior transplante para o canteiro quando as mudas apresentarem quatro folhas definitivas. Essa é a agrotecnologia mais utilizada por olericultores, sendo a formação das mudas em ambiente protegido. Ainda é utilizada no Brasil a sementeira direta, porém ela é pouco utilizada e exige o preparo mais detalhado nos canteiros definitivos, bem como a utilização de semeadeiras de precisão. A cultura da alface é bastante exigente em água, dessa forma as irrigações devem ser frequentes (Filgueira, 2008).

O ciclo da muda varia de 21-28 dias. O ciclo da cultura varia entre 65-80 dias da sementeira à colheita, no campo. Na estufa, o ciclo se torna um pouco menor, variando de 45-50 dias (Filgueira, 2008).

## 2.2 Qualidade de mudas

De acordo com a Lei de Sementes N° 10.171 de 05 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas, mudas são definidas como: “Material de propagação vegetal de qualquer gênero, espécie ou cultivar, proveniente de reprodução sexuada ou assexuada, que tenha por finalidade o plantio”.

A utilização de mudas é favorável por proporcionar maior equilíbrio entre raiz e parte aérea, pois esse sistema economiza a utilização de sementes e defensivos agrícolas, há aumento no rendimento, maior aproveitamento de mão de obra, economia de irrigação, maior uniformidade, maior aproveitamento da área a ser utilizada pela redução do ciclo da cultura e ainda há um aumento de aproximadamente 20 a 30% na produção (Reis et al., 2010). Segundo Minami (2010) também é vantagem estabelecer a cultura com espaçamento predeterminados, para a diminuição de problemas fitossanitários e menor competição inicial com plantas daninhas.

Para a formação de mudas de alta qualidade é necessário atingir atributos como: ser bem formada, com todas as características desejáveis; ser sadia, livre de pragas, doenças, danos mecânicos ou físicos; a constituição genética deve ser aquela exigida pelo produtor; de custo compatível com a necessidade do produtor; de fácil transporte e manuseio (Tessarioli Neto e Minami, 1994). Para outros autores como Scarpate Filho (1994) e Gonçalves (1994) é importante considerar outros aspectos para a formação de mudas: seleção de matrizes, sementes, substratos, recipientes; escolha do local da produção da muda; nutrição mineral adequada; tratamentos fitossanitários, controle sanitário do local e irrigação.

Sabe-se que uma muda mal formada, debilitada, irá comprometer todo o desenvolvimento futuro da cultura aumentando seu ciclo e, em muitos casos, ocasionando perdas na produção (Minami, 2010; Souza e Ferreira, 1997). Dessa forma é imprescindível que a muda produzida seja de boa qualidade para que não haja transtornos ao longo do ciclo da cultura.

Algumas variáveis biométricas são utilizadas para definir a qualidade das mudas, são elas: altura da parte aérea, comprimento da raiz, diâmetro do caule, massa das mudas, área foliar, área radicular, etc (Reis, 2004).

### 2.2.1 Altura da parte aérea

A altura da parte aérea é correlacionada com a quantidade de folhas na planta, sendo assim ela irá fornecer uma estimativa da capacidade fotossintética e da área transpiracional. Porém, uma maior área transpiracional de mudas altas podem resultar em estresse hídrico em locais mais secos, principalmente antes do estabelecimento da raiz (Haase, 2008).

### 2.2.2 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule é considerado como o melhor indicador de sobrevivência e crescimento em campo (Thompson, 1985). Quanto maior o diâmetro do caule, maior a sobrevivência da muda. Foi verificado que um diâmetro de caule maior, também indica um maior sistema radicular e um maior volume radicular (Haase, 2008).

### 2.2.3 Massa

A massa fresca é o peso da muda com o conteúdo de água, enquanto a massa seca é o peso da muda após secagem em estufa por um período mínimo de 48 horas. O teor de água pode variar muito no tecido, dessa forma a massa seca fornece um parâmetro melhor do que a massa fresca. Mudanças com uma maior massa radicular possuem uma tendência em ter uma maior taxa de crescimento e sobrevivência do que mudas com menor massa. Se tratando de parte aérea, mudas com maior massa possuem maiores capacidade fotossintética e potencial de crescimento. A massa da parte aérea deve estar em equilíbrio com a massa da raiz para uma ótima qualidade das mudas (Haase, 2008).

### 2.2.4 Área foliar

A área foliar é uma variável de crescimento que indica a produtividade da planta. A eficiência do processo fotossintético depende da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar, que são influenciados pela dimensão do sistema fotoassimilador (Favarin et al., 2002).

A assimilação de carbono está relacionada linearmente com a interceptação dos fótons nas faixas do azul e do vermelho. Uma área foliar maior

indica maior superfície de interceptação de luz, resultando em elevadas taxas fotossintéticas (Lawlor, 1993).

A superfície foliar de uma planta é a base do rendimento potencial da cultura, além disso, o conhecimento da área foliar da planta permite a estimativa da perda de água, uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente (Pereira et al., 1997).

O índice da área foliar pode ser determinado por diferentes métodos. Em um deles é necessário que sejam retiradas folhas ou outra parte da planta, enquanto em outros a mensuração é feita diretamente na folha (Benincasa, 1988). O método de análise por imagem obtido por escaner é considerado o mais preciso. Ele propicia melhor planificação e digitalização das folhas, porém seu uso é limitado, uma vez que demanda tempo e não pode ser praticado em grandes experimentos (Souza et al., 2012).

#### 2.2.5 Volume da raiz

O sistema radicular é indispensável para obtenção de água e nutrientes do solo, síntese de reguladores de crescimento, e para o armazenamento de carboidratos (Moreira, 2004).

O volume radicular das mudas pode ser avaliado de maneira não destrutiva, usando o método de deslocamento da água (Burdett, 1979). Alguns estudos como o de Jacobs et al., (2005) encontraram relações positivas entre o volume radicular das plântulas e a sobrevivência e/ou desempenho no campo.

#### 2.2.6 Área da raiz

A área da raiz fornece uma descrição quantitativa dos sistemas radiculares das mudas e pode ser medida de maneira não destrutiva. Estudos mostram correlação positiva entre essa variável e o desempenho no campo. Em um estudo com *Pinus nigra*, o número de pontas das raízes foi considerado um preditor menos eficiente do vigor das plântulas do que o comprimento total das raízes (Chiatante et al., 2002). O avanço tecnológico no desenvolvimento da precisão dos escaners do sistema radicular poderia melhorar significativamente a

viabilidade da área radicular como um indicador morfológico da qualidade do sistema radicular (Rigney; Kranzler, 1997).

### 2.3 Tamanho de parcela e de amostra

A determinação do delineamento experimental e do tamanho da parcela e da amostra é importante na experimentação agrícola, pois a precisão experimental irá caracterizar a qualidade da análise nos resultados (Steel et al., 1997).

O erro experimental é definido por Steel et al., (1997) como as variações aleatórias ocorridas entre as parcelas que recebem o mesmo tratamento. O erro experimental está presente nos experimentos e a fonte dessa heterogeneidade pode ser pelo material do experimento, pelos tipos de tratamentos, por ataque de pragas e doenças, aplicação não uniforme de tratos culturais, etc (Ramalho et al., 2000). Porém, de acordo com Ferh (1987) e Storck et al., (2000) o erro experimental pode ser reduzido quando utilizado um delineamento experimental adequado ao tamanho e forma das parcelas, ao número de repetições e de tratamentos utilizados e à condução do experimento.

Sabe-se que quanto maior o tamanho da amostra, maior será a precisão experimental. Por conseguinte, haverá uma tendência de diminuição do coeficiente de variação. Isso ocorre porque um aumento do tamanho da amostra reduz a variância média amostral (Li, 1969). Contudo, outros aspectos devem ser considerados na determinação do tamanho amostral. Quanto maior o tamanho amostral, os gastos com a amostragem e o tempo serão maiores. Em contrapartida, quanto menor o tamanho amostral, menor será a precisão do trabalho, podendo até o invalidar (Catapatti et al., 2008).

Utilizar um número de repetições apropriado nos experimentos é de grande importância para a redução do erro experimental e, por consequência, resulta no aumento da precisão do experimento (Ramalho et al., 2000). Existem vários estudos que determinam tamanho ideal de parcela e de amostra para as diferentes culturas e com diferentes metodologias. Para hortaliças, pode-se citar os trabalhos de Peiretti et al., (1990) que trabalharam com alho, Lopes et al., (1998) que trabalharam com tomate e Lúcio et al., (2003) que trabalharam com pimentão. Dessa forma, é vantajoso pré-determinar o tamanho de uma parcela e



da amostra, pois irá diminuir os custos, o tempo de execução, e o erro amostral do experimento, aumentando a confiabilidade e obtendo estimativas mais precisas para os parâmetros que serão analisados (Catapatti et al., 2008).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do levantamento bibliográfico apresentando o número de mudas e as características de qualidade avaliadas em estudos com mudas de alface.

**Tabela 1.** Tamanhos de parcela e de amostra e características avaliadas em mudas de alface em diferentes trabalhos científicos

| <b>Cultura</b> | <b>Arranjo do experimento<br/>(tamanho da amostra)</b>  | <b>Características Avaliadas</b>                                 | <b>Referência</b>     |
|----------------|---|--|-----------------------|
| Alface         | 6 repetições, 4 tratamentos, 6 células por parcela  | CT, CR, MST e MSR  | Smiderle et al., 2001 |
| Alface         | 20 repetições (analisadas 20 plantas por bandeja), 3 tratamentos com 5 repetições com 3 plantas por repetição | Após a semeadura: CR, NFM.<br>Após o transplante: CR, MSPA, MFPA | Marques et al., 2003  |
| Alface         | 3 repetições, fatorial de 4 tipos de substratos e 2 tamanhos de células (200 e 288)                           | CT, NF e AF  | Trani et al., 2004    |
| Alface         | 3 repetições, bandeja de 200 células (800 mudas)  | CP, NF, MFPA e MSPA  | Leal et al., 2007     |
| Alface         | 4 repetições, Esquema fatorial de 4x5, 32 células por parcela   | CR, CP, MSR, MSPA e NF   | Medeiros et al., 2007 |
| Alface         | 4 repetições (8 plantas cada), 20 tratamentos, fatorial 4x5   | CT, DC, NF, MSPA, MSR, CR, CE e IQDE                             | Freitas et al., 2012  |

Comprimento total (CT), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CP), massa seca total (MST), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), número de folhas da muda (NFM), número de folhas (NF), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), condutividade elétrica (CE), índice de qualidade de desenvolvimento (IQDE).

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do levantamento bibliográfico apresentando o número de mudas e as características de qualidade avaliadas em estudos com mudas de hortaliças em geral.

**Tabela 2.** Tamanhos de parcela e de amostra e características avaliadas em mudas de hortaliças

| <b>Cultura</b>   | <b>Arranjo do experimento (tamanho da amostra)</b> | <b>Características Avaliadas</b>                | <b>Referência</b>     |
|------------------|--|---|-----------------------|
| Pepino           | 6 repetições, 4 tratamentos, 6 células por parcela | CT, CR, MST e MSR                               | Smiderle et al., 2001 |
| Chicória         | 4 repetições, 12 tratamentos, fatorial 3x 4        | NF, CR, CT, MFPA e MSPA                         | Reghin et al., 2006   |
| Beterraba        | 3 repetições, bandejas de 128 células (512 mudas)  | CP, NF, MFPA e MSPA                             | Leal et al., 2007     |
| Pepinos híbridos | 5 repetições, bandejas de 128 células.             | MSPA e MSR                                      | Costa et al., 2010    |
| Tomate cereja    | 1 repetição, bandejas de 128 células               | 15 DAS: IV e PTME<br>28 DAS: CT, DC, MSPA e MSR | Costa et al., 2015    |
| Repolho          | 4 repetições, 8 tratamentos, 128 mudas             | CT  | Souza et al., 2017    |
| Rúcula           | 4 repetições, 6 tratamentos                        | IQD, MST, MSPA e MSR                            | Ferreira et al., 2017 |
| Berinjela        | 1 repetição, 128 mudas                             | CP, DC, NF, AF, MSPA, MSR, MST e IQD            | Hell, 2017            |
| Jiló             | 1 repetição, 128 mudas                             | CP, DC, NF, AF, MSPA, MSR, MST e IQD            | Hell, 2017            |

Comprimento total (CT), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CP), massa seca total (MST), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), número de folhas da muda (NFM), número de folhas (NF), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), condutividade elétrica (CE), índice de qualidade de Dickson (IQD), índice de velocidade (IV), porcentagem e tempo médio de emergência (PTME), dias após a sementeira (DAS).

Em cada experimento existe um tamanho diferente de parcela e de amostra, para se adequar com as diferentes variáveis de estudo para cada cultura. Como o cultivo de hortaliças se dá em bandejas, as parcelas serão a divisão, ou o arranjo, feito dentro da bandeja e as amostras serão a quantidade de mudas que irão ser avaliadas dentro de cada parcela. Algumas variáveis possuem variabilidade maior, já outras possuem variabilidade menor. Para as que possuem maior variabilidade, será necessário que mais mudas sejam avaliadas dentro de cada parcela para a redução do erro experimental e, para as que possuem menor variabilidade, menos mudas deverão ser avaliadas dentro da mesma parcela mencionada anteriormente. Dessa forma, os tamanhos de parcela e de amostra irão mudar para as variáveis de estudo.

## 2.4 Correlação

A correlação pode ser definida como uma medida padronizada da relação linear entre duas variáveis aleatórias, indicando a direção e a força dessa relação (Charnet et al., 2008). Em alguns estudos é importante mensurar a existência de relação entre variáveis observadas, pois, dessa forma, há a possibilidade de se obter ganhos para variáveis de interesse, selecionando outras variáveis correlacionadas (Souza, 2013).

O que irá indicar se a mudança em uma variável envolve a mudança constante no valor médio de outra variável é o coeficiente de relação linear, ou seja, há uma relação linear entre duas variáveis. Esse coeficiente representa, portanto, o grau de combinação entre duas variáveis e o seu valor pode ser positivo ou negativo. Ele é positivo quando ambas as variáveis aumentam ou diminuem e é negativo quando uma variável aumenta enquanto a outra diminui. O coeficiente varia de -1 a +1, sendo que quanto mais próximo de um, maior é a correlação entre as variáveis, e quando igual a zero não há relação linear (Charnet et al., 2008).

### 2.4.1 Análise de trilha

A análise de trilha foi descrita em 1921 por Wright, proporcionando uma melhor compreensão das associações entre os caracteres, pois os coeficientes de correlações simples não permitem que sejam tiradas conclusões sobre relações de causa e efeito entre eles.

A análise de trilha decompõe o coeficiente de correlação entre duas variáveis em efeitos diretos e indiretos e determina se a relação de causa e efeito entre duas variáveis é verdadeira e independente de outra variável. A relação de causa e efeito é mostrada pela comparação (em magnitude e sinal) entre o efeito direto e o coeficiente de correlação de Pearson (Cruz et al., 2012).

Uma das principais utilidades da análise de trilha é viabilizar o conhecimento dos efeitos diretos e indiretos que as variáveis explicativas exercem sobre uma variável principal, possibilitando a determinação da estratégia que será mais eficiente na seleção (Souza, 2013).

Como a análise de trilha representa a expansão da regressão múltipla, quando envolve vários diagramas causais, a confiabilidade dos coeficientes pode ser afetada pelos efeitos de multicolinearidade existentes entre os caracteres (Kline, 1991). A multicolinearidade ocorre quando duas variáveis possuem alta colinearidade entre elas, ou seja, possuem alta correlação. Porém, quando há a presença de multicolinearidade na análise, serão produzidos resultados tendenciosos, com muitos erros. Dessa forma, é preferível excluir essas variáveis da análise para que os resultados sejam confiáveis.

A multicolinearidade entre as características explicativas é uma das suposições que devem ser cumpridas para que os coeficientes da análise de trilha sejam estimados com precisão. Quando a multicolinearidade é alta, os coeficientes estimados podem apresentar valores ilógicos, com variações infladas ou negativas e sem sentido biológico. Na análise de trilha, o diagnóstico de multicolinearidade é realizado na matriz de correlação de Pearson (dados da amostra). O diagnóstico de multicolinearidade deve sempre ser realizado e devem ser tomadas medidas para ajustar esse problema (Toebe e Cargnelutti Filho, 2013a, 2013b).

Uma correção recomendada para ajustar a multicolinearidade é retirar uma ou mais variáveis independentes, altamente correlacionadas. A seleção dessas variáveis pode ser feita pelo método *Stepwise* de seleção de variáveis (Kosack e Azevedo, 2011). Esse método é o mais comum dos métodos de busca sequencial, baseado na adição ou remoção de variáveis dos modelos estatísticos com base na significância de cada uma dessas variáveis. O método possibilita examinar a contribuição adicional de cada variável explicativa ao modelo, e é bastante utilizado em técnicas estatísticas de regressão linear (Alves et al., 2013; Zimmer e Anzanello, 2014).

#### 2.4.2 Correlação canônica

A análise de correlação canônica é um procedimento estatístico multivariado que permite verificar as correlações lineares existentes entre dois grupos ou conjuntos de variáveis (X e Y) (Cruz et al., 2012). Nesse método, não existe distinção entre variável independente e dependente, existem somente dois

conjuntos de variáveis, em que se busca a máxima correlação entre ambos (Morrison, 1978).

Nessa técnica de análise multivariada, o número máximo de funções canônicas que podem ser obtidas é igual ao número de variáveis do menor conjunto de dados. O primeiro par de variáveis estatísticas canônicas é obtido de forma a apresentar a maior correlação possível com os grupos de variáveis. Pode-se obter um segundo par, não correlacionado com o primeiro, que contenha o máximo de informação remanescente que não tenha sido contemplada pela explicação do primeiro par de variáveis latentes e assim sucessivamente (Ferreira, 2011; Hair et al., 2009; Hair et al., 2005; Mingoti, 2005).

Ao contrário da regressão múltipla que prevê uma única variável dependente a partir de um conjunto de variáveis independentes múltiplas, a correlação canônica simultaneamente prevê múltiplas variáveis dependentes a partir de múltiplas variáveis independentes (Hair et al., 2009).

### 3. TRABALHOS

#### 3.1 TAMANHOS DE PARCELA E DE AMOSTRA PARA AVALIAÇÕES DE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS EM MUDAS DE ALFACE

##### RESUMO

Em todos experimentos deve ser determinado com antecedência quais fatores serão estudados e quantas plantas devem ser avaliadas para que as inferências sobre o crescimento das mudas sejam confiáveis. Todavia, muitos pesquisadores optam por determinar o tamanho da parcela e de amostra sem critérios científicos, podendo acarretar gastos e esforços desnecessários sem ganho em precisão experimental. Dessa forma, o objetivo do trabalho é estimar os tamanhos de parcela e de amostra para variáveis biométricas em mudas de alface. As mudas foram cultivadas em quatro bandejas de poliestireno expandido com 128 células e quatro bandejas de poliestireno expandido com 200 células. Foram avaliadas área foliar, diâmetro do caule, altura da parte aérea, comprimento, área e volume da raiz e massas seca e fresca. Primeiro foi estimado o tamanho da parcela e posteriormente foi estimado o tamanho da amostra dentro da parcela. As diferentes variáveis apresentaram diferentes tamanhos de parcela e de amostra. Com 10% de erro é necessária a avaliação de 12 mudas para a bandeja de 128 células, enquanto na bandeja de 200 células é necessária a avaliação de 11 mudas.

## ABSTRACT

PLOT SIZE AND SIMPLE SIZE FOR EVALUATION OF BIOMETRIC VARIABLES  
IN LETTUCE SEEDLINGS

Every experiment must be determined in advance which factors will be studied and how many plants must be evaluated so that inferences about seedling growth are reliable. However, many researchers choose to determine the plot and sample size without scientific criteria, which can lead to unnecessary expense and effort without gain in experimental precision. Thus, the objective of the work is to estimate the plot and sample sizes for biometric variables in lettuce seedlings. The seedlings were grown in four expanded polystyrene trays with 128 cells and four expanded polystyrene trays with 200 cells. Leaf area, stem diameter, shoot height, length, root area and volume and dry and fresh masses were evaluated. First, the plot size was estimated and then the sample size within the plot was estimated. The different variables showed different sample sizes. With a 10% error, it is necessary to evaluate 12 seedlings for the 128 cell tray, while in the 200-cell tray it is necessary to evaluate 11 seedlings.

## 3.1.1 INTRODUÇÃO

Para a produção de hortaliças de boa qualidade, a formação de mudas é uma das etapas mais importantes para o ciclo da cultura, influenciando diretamente o desempenho final da planta, nos aspectos nutricionais e produtivos, existindo uma relação direta entre mudas saudáveis e plantas produtivas a campo (Campanharo et al., 2006). Mudas bem formadas podem garantir o sucesso na implantação e, conseqüentemente, na produtividade de hortaliças. Ao contrário, mudas com desenvolvimento comprometido podem resultar em prejuízo no desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e levando a perdas na produção (Guimarães et al., 2002) e, conseqüentemente, nos lucros.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais produzida e comercializada no Brasil, se destacando no consumo por sua importância alimentar como fonte de vitaminas, sais minerais e fibras (Santi et al., 2010). Somente no ano de 2017 foram produzidas 671.509 toneladas de alface (IBGE,

2017). Marques et al. (2003) trabalhando com mudas de alface em diferentes bandejas, verificaram que as mudas cultivadas em bandejas com maior número de células tiveram desenvolvimento comprometido. Essas mesmas mudas foram cultivadas a campo para avaliação de seu desempenho e foi verificado que essas não desenvolveram tanto quanto as produzidas em bandejas com menor número de células. Esse resultado indica que mudas de baixa qualidade não possuem o mesmo desenvolvimento em campo que mudas de boa qualidade. Neste sentido, estudos relacionados à produção de mudas são importantes para a produção de hortaliças.

Quando se trata de experimentação agrícola é comum trabalhar com amostras que representem apropriadamente a população. Isto se deve a limitações de mão de obra, tempo e, principalmente, recursos financeiros (Cochran, 1977). Dessa forma, é imprescindível estabelecer um tamanho de amostra adequado, que possibilite a estimativa da média de caracteres com nível de precisão apropriado (Hell, 2017).

Quanto maior for o tamanho da amostra, maior será a precisão. Como consequência, o coeficiente de variação amostral tende a diminuir. No entanto, maiores serão os gastos e o tempo para realização da amostragem. Por outro lado, amostras pequenas podem resultar em redução da precisão dos experimentos, podendo, até mesmo, invalidar o trabalho (Zar, 2010).

Na literatura científica são encontrados trabalhos referentes ao tamanho amostral com algumas hortaliças, tais como: feijão (Cargnelutti Filho et al., 2018) e pimentão (Lucio et al., 2003). Referindo-se, particularmente, à avaliação de mudas, têm-se trabalhos com a determinação amostral para berinjela e jiló (Hell, 2017), mamoeiro (Celanti, 2015) e cafeeiro (Pires et al., 2019).

Marodim et al., (2000), determinaram o tamanho de amostra para o cultivo da alface em hidroponia, pelo sistema NFT (técnica de filme de nutrientes) em estufa plástica, avaliando a variável massa fresca de plantas. O tamanho de amostra obtido, com um grau de confiança de 95%, foi de 40 plantas para uma semi-amplitude do intervalo de confiança em percentagem da média (D%) igual a 5% e de 7 plantas para um D% igual a 20%.

Estabelecer o tamanho ótimo de parcela eleva a precisão experimental e aumenta as informações. Em um experimento isso está correlacionado com a variabilidade do material experimental (Pires et al., 2019). Sendo assim cada



cultura, assim como cada variável, deve ter seu tamanho de parcela estimado. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo estimar os tamanhos de parcela e da amostra para mudas de alface avaliando-se variáveis biométricas das mudas.

### 3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na área experimental localizada na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro), na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ.

Para realização do experimento, foram utilizadas quatro bandejas de poliestireno expandido com 128 células (medidas externas - comprimento (mm): 673; largura (mm): 344; altura (mm): 62; medidas das células - superior (mm): 35 x 35; inferior (mm): 9 x 9; altura (mm): 62) e quatro bandejas de poliestireno expandido com 200 células cada (medidas externas - comprimento (mm): 670; largura (mm): 340; altura (mm): 53; medidas das células - superior (mm): 28 x 28; inferior (mm): 5 x 5; altura (mm): 53), foi utilizado substrato comercial, juntamente ao substrato foi adicionado NPK 4-14-8. As medidas utilizadas foram, NPK 4-14-8, na dose 80 g/25kg substrato. Foi utilizada a cultivar de alface 'Cinderela', semeando-se três sementes por célula. As bandejas foram dispostas sobre bancadas, em ambiente protegido, a 1 m do solo, desde a semeadura até a avaliação das mudas. A irrigação foi automática, ocorrendo de três a quatro vezes por dia, com duração de 2,5 minutos cada. O desbaste ocorreu aos 9 e 10 dias após a emergência das plântulas, deixando apenas uma plântula por célula.

A colheita e as avaliações foram realizadas aos 21 dias após a emergência (DAE). Todas as variáveis foram analisadas em todas as mudas (total = 1.312 mudas). Após a colheita, as raízes das mudas foram lavadas em água corrente, com o auxílio de uma peneira, para não haver perda de raízes. Posteriormente, as plântulas foram dispostas sobre papel absorvente para remoção do excesso de água e em seguida, o comprimento total – CT (cm) (ponta da raiz até a ponta da folha mais alta) e o comprimento da parte aérea – CP (cm) das plântulas foi mensurada com o auxílio de uma régua. O comprimento da raiz – CR (cm) foi mensurado de acordo com a diferença entre o comprimento total e o comprimento da parte aérea, enquanto o diâmetro do caule – DC (mm) foi

mensurado no meio da muda (mais próximo a raiz) com o auxílio de um paquímetro digital. Em seguida, as mudas foram pesadas em balança analítica de precisão para obtenção da massa fresca total – MFT (g), posteriormente as raízes foram separadas da parte aérea com o auxílio de uma tesoura, para que as outras variáveis fossem mensuradas. Posteriormente a massa fresca da parte aérea – MFPA (g) e a massa fresca da raiz – MFR (g) das mudas foram pesadas em balança analítica de precisão. As folhas foram dispostas entre lâminas de acetato transparentes e escaneadas, para obtenção da imagem digital. A área foliar – AF (cm<sup>2</sup>) foi mensurada de acordo com o aplicativo Digimizer® versão 5.3.5 (Medical Software Brolkstraat), enquanto o volume da raiz – VR (dm<sup>3</sup>) e área radicular – AR (cm<sup>2</sup>), também digitalizados, foram mensurados com o aplicativo Safira® (EMBRAPA, 2010). Em seguida, o material foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, para em seguida serem determinadas a massa seca da raiz – MSR (g) e massa seca da parte aérea – MSPA (g).

Para a estimativa do tamanho de parcela foi utilizado o método de curvatura máxima do coeficiente de variação proposto por Paranaíba et al., (2009), usando a expressão (1), conforme abaixo:

$$\hat{X}_0 = \frac{10\sqrt[3]{2(1-\hat{\rho}^2)s^2\bar{X}}}{\bar{X}} \quad (1)$$

Onde,

$\hat{X}_0$  = tamanho adequado de parcela;

$s^2$  = variância na bandeja de cultivo;

$\bar{X}$  = média das unidades básicas (UB) na bandeja de cultivo;

$\hat{\rho}$  = auto-correlação espacial de primeira ordem, estimado pela expressão (2):

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=2}^n (R_i)(R_{i-1})}{\sum_{i=1}^n (R_i)^2} \quad (2).$$

Onde,

R = Resíduo;

Após a estimativa do tamanho de parcela, foram estimados os tamanhos de amostra dentro das parcelas, adotando a expressão (3) (Cochran, 1977), conforme abaixo:

$$n = \frac{t_{\alpha/2}^2 (CV\%)^2}{(D\%)^2} \quad (3)$$

Onde,

$n$  = o tamanho da amostra;

$t_{\alpha/2}^2$  = o valor da tabela t de Student com  $n-1$  graus de liberdade a 5% de probabilidade de erro;

$D\%$  = semi-amplitude do intervalo de confiança da média ( $D\% = 5, 10, 15, 20\%$ );

$CV\%$  = coeficiente de variação de cada variável, que foi calculado pela expressão (4), conforme abaixo:

$$CV\% = \frac{100 \times \sqrt{s^2}}{\bar{X}} \quad (4)$$

Onde,

$s^2$  = variância amostral;

$\bar{X}$  = média de cada variável.

Ainda foi realizada a correção para população finita, de acordo com a recomendação Cochran (1977), utilizando a expressão (5), conforme abaixo:

$$nc = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} \quad (5)$$

Onde,

$nc$  = tamanho corrigido da amostra;

$N$  = tamanho da população (128 e 200 células);

$n$  = tamanho da amostra para população infinita.

Obtidos de acordo com:



**Figura 1.** Sentido do caminhar realizado para calcular o coeficiente de auto-correlação espacial na bandeja de 128 células. O sentido utilizado foi de baixo (muda um) para cima (muda oito) e assim sucessivamente, no mesmo sentido, até a muda número 128.

### 3.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tamanhos da parcela e das amostras se mostraram diferentes para as variáveis analisadas e para cada erro amostral assumido (Tabela 1). Para a bandeja de 128 células os tamanhos das parcelas variaram de 3 a 12 mudas, enquanto que para a bandeja de 200 células houve a variação de 3 a 10 mudas. Os maiores tamanhos de parcela foram obtidos para as variáveis que foram avaliadas nas raízes, para ambas bandejas. Isso ocorreu em virtude da maior variabilidade para variáveis avaliadas nas raízes. O menor tamanho de parcela e amostra requerido na bandeja de 128 células é para as variáveis CT e CP, ambas com tamanho de duas mudas, e o maior tamanho amostral é para a variável VR com tamanho de 12 mudas, assumindo  $D=10\%$ .

**Tabela 1.** Média, Tamanho de parcela (X0), coeficiente de variação de X0 (CV X0) e tamanho de amostra (n) dentro da parcela, para semi-amplitudes do intervalo de confiança de 5, 10, 15 e 20% de precisão, para as variáveis comprimento total – CT (cm), comprimento de raiz – CR (cm), comprimento da parte aérea – CP (cm), diâmetro do caule – DC (mm), massa fresca total – MFT (g), massa fresca da raiz – MFR (g), massa fresca da parte aérea – MFPA (g), massa seca da raiz – MSR (g), massa seca da parte aérea – MSPA (g), volume da raiz – VR (dm<sup>3</sup>), área da raiz – AR (cm<sup>2</sup>) e área foliar – AF (cm<sup>2</sup>) em bandejas de alface de 128 células

|      | Bandeja | Média | X0 | CV X0 | n      |         |         |         |
|------|---------|-------|----|-------|--------|---------|---------|---------|
|      |         |       |    |       | D = 5% | D = 10% | D = 15% | D = 20% |
| CT   | B1      | 18,72 | 3  | 4,94  | 2      | 2       | 1       | 2       |
|      | B2      | 18,54 | 3  | 5,47  | 2      | 2       | 1       | 2       |
|      | B3      | 18,60 | 3  | 5,38  | 2      | 2       | 1       | 2       |
|      | B4      | 16,62 | 3  | 4,66  | 3      | 2       | 1       | 1       |
| CR   | B1      | 8,35  | 3  | 7,23  | 3      | 2       | 2       | 1       |
|      | B2      | 7,69  | 4  | 7,99  | 4      | 3       | 2       | 2       |
|      | B3      | 8,12  | 3  | 7,34  | 3      | 2       | 2       | 1       |
|      | B4      | 7,55  | 4  | 8,01  | 4      | 3       | 2       | 2       |
| CP   | B1      | 10,37 | 3  | 6,28  | 3      | 2       | 1       | 1       |
|      | B2      | 10,84 | 3  | 7,13  | 3      | 2       | 2       | 1       |
|      | B3      | 10,48 | 3  | 6,64  | 3      | 2       | 1       | 1       |
|      | B4      | 9,07  | 3  | 5,19  | 3      | 2       | 2       | 1       |
| DC   | B1      | 1,47  | 4  | 9,47  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B2      | 1,56  | 4  | 8,22  | 4      | 3       | 2       | 2       |
|      | B3      | 1,43  | 3  | 7,57  | 3      | 2       | 2       | 1       |
|      | B4      | 1,45  | 4  | 8,57  | 4      | 3       | 3       | 2       |
| MFT  | B1      | 0,93  | 4  | 9,26  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B2      | 1,05  | 4  | 9,46  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B3      | 1,04  | 4  | 9,00  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B4      | 0,77  | 3  | 7,30  | 3      | 2       | 2       | 2       |
| MFR  | B1      | 0,14  | 8  | 18,08 | 8      | 8       | 7       | 7       |
|      | B2      | 0,14  | 7  | 14,20 | 7      | 6       | 5       | 5       |
|      | B3      | 0,16  | 11 | 24,04 | 11     | 11      | 10      | 9       |
|      | B4      | 0,16  | 11 | 23,85 | 11     | 11      | 10      | 9       |
| MFPA | B1      | 0,79  | 4  | 8,43  | 4      | 3       | 2       | 2       |
|      | B2      | 0,91  | 4  | 9,57  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B3      | 0,88  | 5  | 10,14 | 5      | 4       | 3       | 3       |
|      | B4      | 0,69  | 4  | 8,05  | 4      | 3       | 3       | 2       |
| MSR  | B1      | 0,01  | 5  | 11,78 | 5      | 4       | 4       | 3       |
|      | B2      | 0,01  | 7  | 14,53 | 7      | 6       | 6       | 5       |
|      | B3      | 0,01  | 6  | 13,18 | 6      | 5       | 5       | 4       |
|      | B4      | 0,01  | 4  | 9,03  | 4      | 4       | 3       | 3       |
| MSPA | B1      | 0,04  | 4  | 9,90  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B2      | 0,04  | 5  | 10,16 | 5      | 4       | 3       | 3       |
|      | B3      | 0,04  | 4  | 9,53  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B4      | 0,04  | 4  | 9,05  | 4      | 3       | 3       | 2       |
| VR   | B1      | 0,12  | 9  | 20,36 | 9      | 9       | 8       | 7       |
|      | B2      | 0,13  | 8  | 18,58 | 8      | 7       | 7       | 6       |
|      | B3      | 0,23  | 12 | 26,72 | 12     | 12      | 11      | 11      |
|      | B4      | 0,20  | 8  | 18,04 | 8      | 8       | 7       | 7       |
| AR   | B1      | 0,45  | 9  | 18,90 | 9      | 8       | 8       | 7       |
|      | B2      | 0,48  | 8  | 17,42 | 8      | 7       | 7       | 6       |
|      | B3      | 0,38  | 10 | 21,40 | 10     | 9       | 9       | 8       |
|      | B4      | 0,32  | 8  | 17,22 | 8      | 8       | 7       | 7       |
| AF   | B1      | 3,62  | 4  | 7,94  | 4      | 3       | 2       | 2       |
|      | B2      | 4,12  | 4  | 8,81  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B3      | 3,87  | 4  | 8,73  | 4      | 3       | 3       | 2       |
|      | B4      | 3,26  | 4  | 7,50  | 4      | 3       | 3       | 2       |

Para a bandeja de 200 células, também houve diferença no tamanho da amostra para todas as variáveis analisadas (Tabela 2). Da mesma forma como na bandeja anterior, as variáveis que possuem maior variabilidade são as da raiz. Como consequência, elas também terão o tamanho de parcela e de amostra maior. Nesse caso, a variável que possuiu o maior tamanho de parcela e amostra foi a variável VR, sendo necessário uma parcela contendo 11 mudas. O menor tamanho de parcela também foi similar ao encontrado na bandeja anterior que foi para variável CT com um tamanho de duas mudas.

**Tabela 2.** Média, Tamanho de parcela (X0), coeficiente de variação de X0 (CV X0) e tamanho de amostra (n) dentro da parcela, para semi-amplitudes do intervalo de confiança de 5, 10, 15 e 20% de precisão, para as variáveis comprimento total – CT (cm), comprimento de raiz – CR (cm), comprimento da parte aérea – CP (cm), diâmetro do caule – DC (mm), massa fresca total – MFT (g), massa fresca da raiz – MFR (g), massa fresca da parte aérea – MFPA (g), massa seca da raiz – MSR (g), massa seca da parte aérea – MSPA (g), volume da raiz – VR (dm<sup>3</sup>), área da raiz – AR (cm<sup>2</sup>) e área foliar – AF (cm<sup>2</sup>) em bandejas de alface de 200 células

| Bandeja | Média | X0    | CV X0 | n      |         |         |         |    |
|---------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|----|
|         |       |       |       | D = 5% | D = 10% | D = 15% | D = 20% |    |
| CT      | B1    | 17,90 | 3     | 6,25   | 3       | 2       | 2       | 1  |
|         | B2    | 17,26 | 3     | 6,41   | 3       | 2       | 2       | 1  |
|         | B3    | 17,22 | 3     | 5,72   | 3       | 2       | 1       | 2  |
|         | B4    | 16,18 | 3     | 6,46   | 3       | 2       | 1       | 1  |
| CR      | B1    | 7,90  | 4     | 7,80   | 4       | 3       | 2       | 2  |
|         | B2    | 7,79  | 3     | 7,05   | 3       | 2       | 2       | 1  |
|         | B3    | 7,57  | 3     | 7,52   | 3       | 2       | 2       | 1  |
|         | B4    | 6,85  | 4     | 9,50   | 4       | 3       | 3       | 2  |
| CP      | B1    | 10,00 | 4     | 8,26   | 4       | 3       | 3       | 2  |
|         | B2    | 9,47  | 4     | 9,43   | 4       | 3       | 3       | 2  |
|         | B3    | 9,66  | 3     | 7,04   | 3       | 2       | 2       | 1  |
|         | B4    | 9,33  | 3     | 6,99   | 3       | 2       | 2       | 1  |
| DC      | B1    | 2,21  | 5     | 10,32  | 5       | 4       | 3       | 3  |
|         | B2    | 1,70  | 5     | 10,64  | 5       | 4       | 3       | 3  |
|         | B3    | 1,66  | 4     | 9,33   | 4       | 3       | 3       | 2  |
|         | B4    | 1,53  | 4     | 9,02   | 4       | 3       | 3       | 2  |
| MFT     | B1    | 1,00  | 8     | 6,00   | 8       | 8       | 7       | 7  |
|         | B2    | 0,84  | 6     | 12,91  | 6       | 5       | 5       | 4  |
|         | B3    | 0,78  | 4     | 9,02   | 4       | 3       | 3       | 2  |
|         | B4    | 0,72  | 4     | 9,22   | 4       | 3       | 3       | 2  |
| MFR     | B1    | 0,17  | 8     | 18,69  | 8       | 7       | 7       | 6  |
|         | B2    | 0,18  | 5     | 11,69  | 5       | 4       | 4       | 3  |
|         | B3    | 0,13  | 7     | 15,13  | 7       | 6       | 6       | 5  |
|         | B4    | 0,09  | 7     | 16,34  | 7       | 7       | 6       | 5  |
| MFPA    | B1    | 0,83  | 10    | 21,26  | 10      | 10      | 9       | 9  |
|         | B2    | 0,66  | 6     | 14,07  | 6       | 5       | 5       | 4  |
|         | B3    | 0,65  | 4     | 8,78   | 4       | 3       | 3       | 2  |
|         | B4    | 0,63  | 4     | 8,96   | 4       | 3       | 3       | 2  |
| MSR     | B1    | 0,01  | 5     | 12,14  | 5       | 4       | 4       | 3  |
|         | B2    | 0,01  | 6     | 14,07  | 6       | 5       | 5       | 4  |
|         | B3    | 0,01  | 6     | 12,97  | 6       | 5       | 5       | 4  |
|         | B4    | 0,01  | 6     | 13,79  | 6       | 5       | 5       | 4  |
| MSPA    | B1    | 0,04  | 5     | 10,52  | 5       | 4       | 4       | 3  |
|         | B2    | 0,03  | 6     | 13,61  | 6       | 5       | 5       | 4  |
|         | B3    | 0,03  | 5     | 10,11  | 5       | 4       | 3       | 3  |
|         | B4    | 0,03  | 5     | 10,67  | 5       | 4       | 4       | 3  |
| VR      | B1    | 0,26  | 9     | 19,08  | 9       | 8       | 8       | 7  |
|         | B2    | 0,37  | 10    | 21,75  | 10      | 9       | 9       | 8  |
|         | B3    | 0,24  | 10    | 21,82  | 10      | 10      | 9       | 9  |
|         | B4    | 0,17  | 11    | 23,91  | 11      | 11      | 10      | 10 |
| AR      | B1    | 0,40  | 8     | 17,84  | 8       | 7       | 7       | 6  |
|         | B2    | 0,56  | 9     | 19,11  | 9       | 8       | 8       | 7  |
|         | B3    | 0,38  | 10    | 21,67  | 10      | 10      | 9       | 9  |
|         | B4    | 0,27  | 10    | 21,19  | 10      | 10      | 9       | 8  |
| AF      | B1    | 3,22  | 4     | 8,81   | 4       | 3       | 3       | 2  |
|         | B2    | 2,91  | 6     | 13,13  | 6       | 5       | 5       | 4  |
|         | B3    | 2,94  | 4     | 8,37   | 4       | 3       | 3       | 2  |
|         | B4    | 2,75  | 4     | 7,99   | 4       | 3       | 2       | 2  |

Para a redução do erro experimental, e conseqüente aumento da precisão do experimento, é de suma importância a utilização de tamanhos de parcela e de amostra adequados na experimentação, porém o pesquisador que estiver usando um tamanho grande de amostra pode estar gastando mais que o necessário com recursos financeiros e mão de obra em sua pesquisa. Em contrapartida, um tamanho de amostra pequeno pode resultar em menor precisão experimental (Catapatti et al., 2008).

Na avaliação dos dados das mudas, a variabilidade dos dados medida pelo coeficiente de variação (CV) se mostrou diferente para as variáveis dentro de uma mesma bandeja e em bandejas diferentes. Quanto menor o CV, menor poderá ser o tamanho da amostra, pois características com variabilidade muito alta requerem maior número de mudas analisadas para diminuir o erro do experimento. Dessa forma, espera-se que os menores tamanhos de amostra sejam aqueles que obtiveram o menor coeficiente de variação (Celanti et al., 2016a).

Os maiores coeficientes de variação observados nesse trabalho foram 26,72 e 23,91 para a variável VR para ambas as bandejas (Tabelas 1 e 2 respectivamente). Os maiores coeficientes de variação são dados para variáveis de raiz por essas possuírem uma maior variabilidade. O processo de retirada das raízes das células e da lavagem causam perda das raízes, o que pode aumentar a variabilidade. Outro fator que aumenta a variabilidade é a forma de obtenção das variáveis área e volume das raízes. As raízes podem ter ficado sobrepostas no processo de obtenção da imagem, além disso, existe uma taxa de erro associada ao aplicativo. Conseqüentemente, variáveis que possuem uma maior variabilidade irão requerer um maior tamanho de parcela e de amostra.

Outra variável que apresentou um elevado CV para a bandeja de 128 células foi a variável MFR, com CV de 24,04. Apesar da mensuração da massa ser fácil, há uma grande variabilidade na massa fresca da raiz devido ao conteúdo de água utilizado para a lavagem das mudas, que não será o mesmo para todas, ainda que as mudas tenham sido secadas em papel absorvente. Para a bandeja de 200 células, outra variável que apresentou elevado CV foi a variável AR com CV de 21,67. A mensuração das variáveis de raiz é um pouco complexa. Em relação à área, as raízes mais finas podem se sobrepor na hora de escanear



causando uma interferência em outras raízes e conseqüentemente causando uma maior variabilidade.

A variável que apresentou o menor coeficiente de variação foi a variável CT com CV de 4,66 e 5,72 para as bandejas de 128 e 200 células respectivamente. Outra variável que também apresentou baixo CV foi a variável CP, para a bandeja de 128 células com CV de 5,19. Pode-se observar que existe uma tendência de menor tamanho de parcela e de amostra para o grupo de variáveis de comprimento. Além da fácil mensuração dessas variáveis, a cultura da alface é homogênea em crescimento. Apesar de existirem oscilações de uma muda para outra, existe uma tendência no padrão de crescimento que é uniforme para as mudas de alface. Dessa forma, essas variáveis estão associadas com um baixa variabilidade. Para a bandeja de 200 células a variável que também apresentou baixo CV foi a variável MFT com CV de 6,00.

Para a bandeja de 128 células a ordem respectiva dos menores tamanhos de amostra para os maiores tamanhos de amostra, adotando  $D=10\%$  é: CT com duas mudas, CP com duas mudas, CR com três mudas, AF com três mudas, DC com três mudas, MFT com três mudas, MFPA com quatro mudas, MSPA com quatro mudas, MSR com seis mudas, AR com nove mudas, MFR com 11 mudas e VR com 12 mudas.

Para a bandeja de 200 células a ordem respectiva dos menores tamanhos de amostra para os maiores tamanhos de amostra, adotando  $D=10\%$  é: CT com duas mudas, CR com três mudas, CP com três mudas, DC com cinco mudas, MSR com cinco mudas, AF com cinco mudas, MSPA com cinco mudas, MFR com sete mudas, MFT com oito mudas, MFPA com 10 mudas, AR com 10 mudas e VR com 11 mudas.

O tamanho da amostra (número de mudas) diminui para todas as variáveis, à medida que a amplitude do intervalo de confiança ( $D=5, 10, 15, 20\%$ ) aumenta, ou seja, quanto maior o número de amostra menor será o intervalo de confiança ( $D=5\%$ ) e maior será a precisão do experimento (Burin et al., 2014; Schimldt et al., 2017). Porém, pode-se adotar  $D=10, 15$  e até  $20\%$ , não perdendo a confiabilidade experimental.

Com  $10\%$  de erro em torno da média é necessária a avaliação de apenas 12 mudas da alface em bandejas de 128 células e 11 mudas na bandeja de 200 células. Este resultado se mostra interessante tanto para o produtor de mudas,

quanto para pesquisadores, pois eles poderão fazer uma avaliação com um número menor de mudas, porém com uma excelente precisão experimental. O intervalo de confiança adotado nesse experimento foi de  $D=10\%$ , porém a melhor definição de amplitude do intervalo de confiança de 95% será selecionada por cada pesquisador de acordo com a precisão experimental de suas estimativas.

Em situações em que se permita um erro de 10% em torno da média, uma amostra de 12 mudas é suficiente para dimensionar todas as variáveis mencionadas neste trabalho para ambas as bandejas. Não foram encontrados na literatura trabalhos científicos com dimensionamento amostral de mudas de alface, no entanto, verificou-se, em levantamento, que há grande variação do número de amostras nos trabalhos que fazem avaliação dos aspectos biométricos em mudas.

Assim como determinado nessa pesquisa com mudas de alface em diferentes bandejas, o tamanho da amostra foi diferente para as variáveis de uma mesma bandeja e em bandejas diferentes. O mesmo foi observado para o dimensionamento amostral de frutos maduros de *Passiflora edulis* (Coelho et al., 2011), frutos de *Passiflora foetida* (Schmidt et al., 2017), mudas de berinjela e mudas de jiló (Hell, 2017).

Com as informações fornecidas nesse trabalho, pode-se definir o melhor tamanho de parcela para trabalhos com mudas de alface em bandejas de 128 e 200 células. E ainda, diversos arranjos de experimento podem ser feitos.

Em bandejas de 128 células é necessária uma parcela de no mínimo 12 mudas para seguir com as avaliações das variáveis de raiz (que são as que possuem maior tamanho de parcela), porém o pesquisador tem a alternativa de dividir a bandeja em mais parcelas que podem ser utilizadas como repetições do seu experimento, para que dessa forma o espaço seja otimizado e não tenha a perda de 116 mudas, já que seria necessária a avaliação de apenas 12 mudas. Dessa forma, dentro da bandeja de 128 células podem ter 10 parcelas contendo 12 mudas cada, totalizando 120 mudas. Não é necessária a avaliação das 12 mudas para todas as variáveis. A avaliação pode seguir de acordo com os resultados encontrados na Tabela 1. Com 10 parcelas de 12 mudas, teria a perda de oito mudas, então o pesquisador tem a opção de otimizar ainda mais o espaço da bandeja. Podem ser feitas oito parcelas contendo 16 mudas cada para a utilização de toda a bandeja. Dentro da parcela de 16 mudas, apenas 12 devem

ser avaliadas para a variável com maior tamanho de amostra dentro da parcela, e assim sucessivamente, seguindo os resultados da Tabela 1. A escolha das mudas dentro da parcela deverá ser feita de forma aleatória.

Já na bandeja de 200 células, o tamanho mínimo necessário de parcela é de 11 mudas para seguir com avaliações de raízes. Seguindo o pressuposto mencionado anteriormente, toda a bandeja pode ser utilizada para a otimização do espaço. Sendo assim, podem ser feitas 18 parcelas com 11 mudas cada, sobrando duas mudas dentro da bandeja. Ou, caso o pesquisador queira utilizar todas as mudas da bandeja, ele tem a opção de utilizar 10 parcelas com 20 mudas cada. Da mesma forma como na bandeja anterior, as mudas devem ser escolhidas de forma aleatória, e é necessária a avaliação de apenas 11 mudas para a variável com maior tamanho de amostra, dentro da parcela. Os tamanhos de amostra irão seguir de acordo com os resultados encontrados na Tabela 2.

Existe ainda a possibilidade de o pesquisador querer trabalhar apenas com a parte aérea das mudas. Se este for o caso, pode-se utilizar parcelas de tamanhos menores e aumentar o número de repetições dentro da bandeja. As parcelas teriam que ser de no mínimo quatro mudas para a bandeja de 128 células, conseguindo totalizar 32 parcelas dentro da bandeja. Para a bandeja de 200 células a parcela teria que conter no mínimo cinco mudas, totalizando 40 parcelas dentro da bandeja.

Os resultados encontrados nesse trabalho são de grande relevância para pesquisadores que trabalham ou desejam trabalhar com mudas de alface. Além da informação de que não é necessária a avaliação de todas as mudas de uma bandeja, o trabalho traz diversas formas de arranjo que podem ser feitas para os grupos de variáveis e informa especificamente quantas parcelas podem ter dentro de bandejas com diferentes números de células e quantas mudas são necessárias para avaliação das variáveis biométricas com o grau de significância a critério do pesquisador.

### 3.1.4 CONCLUSÕES

O requerimento do dimensionamento amostral é diferente entre as variáveis dentro da mesma bandeja e também em bandejas diferentes. Assim, as bandejas podem ser divididas em parcelas para o melhor aproveitamento do

espaço. Dessa forma, a bandeja de 128 células pode ser dividida em 10 parcelas contendo 12 mudas cada, totalizando 120 mudas, ou pode ser dividida em 8 parcelas com 16 mudas cada para a utilização de toda a bandeja. Já a bandeja de 200 células pode ser dividida em 18 parcelas com 11 mudas cada, totalizando 198 mudas, ou dividida em 10 parcelas com 20 mudas cada para a utilização de toda a bandeja. O tamanho da amostra para avaliação de mudas, com um erro de 10% em torno da média é de 12 mudas da alface em bandejas de 128 células e 11 mudas na bandeja de 200 células.

### 3.1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burin, C.; Cargnelutti Filho, A.; Toebe, M.; Alves, B. M.; Fick, A. L. (2014). Dimensionamento amostral para a estimação da média e da mediana de caracteres de tremçoço branco (*Lupinus albus* L.). *Comunicata Scientiae*, v. 5, n. 2, p.205-212.
- Campanharo, M.; Rodrigues, J. J. V.; Junior, M. A. L.; Espindula, M. C.; Costa, J. V. T. (2006). Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. *Caatinga*, v. 19, p. 40-145.
- Cargnelutti Filho, A.; Alves, B. M.; Toebe, M.; Burin, C.; Wartha, C. A. (2018). Dimensionamento amostral para a estimação da média de caracteres de feijão de porco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, v. 13, n. 1, p. 5505.
- Catapatti, T. R.; Gonçalves, M. C.; Neto, M. R. S.; Sobroza, R. (2008). Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agrônômicos em milho-pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 3, p. 855-862.
- Celanti, H. F.; Schmildt, E. R.; Schmildt, O.; Alexandre, R. S.; Cattaneo, L.F. (2016a). Optimal plot size in the evaluation of papaya scions: proposal and comparison of methods. *Revista Ceres*, v. 63, p. 469-476.
- Celanti, H. F. (2015). *Tamanho de parcela em experimentos com mudas de mamoeiro em tubetes*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.
- Cochran, W. G. (1977). *The estimation of sample size*. In: COCHRAN, W.G. Sampling techniques. 3.ed. New York: John Willey, p. 72-90.

- Coelho, A. A.; Oliveira, E. M. S.; Resende, E. D.; Thiébaud, J. T. L. (2011). Dimensionamento amostral para a caracterização da qualidade pós-colheita do maracujá-amarelo. *Revista Ceres*, v.58, n.1, p.23-28.
- Embrapa Instrumentação Agropecuária. (2010). *Safira – Software para análise de fibras e raízes por imagem*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2016/safira---software-para-analise-de-fibras-e-raizes-por-imagem>>. Acesso em: 17 abril, 2019.
- Guimarães, V. F.; Echer, M. M.; Minami, K. (2002). Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca produtividade de plântulas de beterraba. *Horticultura Brasileira*, v. 20, p. 505-509.
- Hell, L. R. (2017). *Dimensionamento amostral e determinação do tamanho ótimo de parcelas para avaliação de mudas de berinjela e jiló*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Censo Agropecuário 2017*. Quantidade produzida na horticultura, Valor da produção da horticultura, por tipologia, produtos da horticultura, condição do produtor em relação às terras e grupos de atividade econômica.
- Lucio, A. D.; Souza, M. F.; Heldwein, A. B.; Lieberknecht, D.; Carpes, R. H.; Carvalho, M. P. (2003). Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, p.181-185.
- Marodim, V. S.; Storck, L.; Lopes, S. J. (2000). Delineamento experimental e tamanho de amostra para alface cultivada em hidroponia. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 779-781.
- Marques, P. A. A.; Baldotto, P. V.; Santos, A. C. P.; OLIVEIRA, L. D. (2003). Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 4, p. 649-651.
- Medical Software Brokstraat. *Digimizer image analysis software*, versão 5.3.5. Bélgica. Disponível em: <<https://www.digimizer.com/>>. Acesso em: 17 abril, 2019.

- Paranaíba, P. F.; Ferreira, D. F.; de Moraes, A. R. (2009). Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 27, n. 2, p. 255-268.
- Pires, F. R.; Silva, F. D. P.; Santana, S. L.; Cogo, F. D.; Campos, K. A. (2019). Tamanho de parcelas em ensaios com mudas de cafeeiro do cultivar mundo novo iac-379-19. *Intercursos Revista Científica*.
- Santi, A.; Carvalho, M. A. C.; Campos, O. R.; Silva, A. F.; Almeida, J. L.; Monteiro, S. (2010). Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 28, p. 87-90.
- Schmidt, E. R.; Alexandre, R. S.; Siqueira, A. L.; Mayrinck, L. G.; Schmidt, O. (2017). Sample dimension for evaluating physical and chemical characters of wild passion fruit. *Revista ceres*, v.64, n.2, p.109-111.
- Silva, A. C.; Silva, V. S. G.; Mantovanelli, B. C.; Santos, G. M. (2017). Formação de mudas de alface em diferentes bandejas e substratos. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 15, n. 1, p. 465-471.
- Zar J. H. (2010). *Biostatistical analysis*. 5ª ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 944p.

### 3.2 RELAÇÕES LINEARES ENTRE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DE MUDAS DE ALFACE

#### RESUMO

A produção de mudas é uma etapa importante no cultivo de hortaliças. A produção em larga escala de mudas tem motivado os produtores a adotarem técnicas e metodologias mais modernas. O estudo das relações entre variáveis tem aplicações em praticamente todos os campos de pesquisa. Relações lineares entre variáveis como análises de correlações de Pearson, análises de trilha e correlações canônicas são de suma importância para inferir quanto uma variável pode estar relacionada com outra. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo estimar as relações lineares existentes entre as variáveis biométricas em mudas de alface. As mudas foram cultivadas em quatro bandejas de poliestireno expandido com 128 células e quatro bandejas de poliestireno expandido com 200 células. Foram avaliadas área foliar, diâmetro do caule, altura da parte aérea, comprimento, área e volume da raiz e massas seca e fresca, com seguida análise de correlação de Pearson, diagnóstico de multicolinearidade, por meio do número de condição e pelo fator de inflação da variância; análise de trilha e de correlações canônicas. Os resultados apontam que existem relações lineares entre as variáveis. Para bandeja de 128 células, houve relação linear entre os caracteres massa fresca total e massa fresca da parte aérea; massa fresca total e massa seca da parte aérea inferindo que quando ocorre um aumento de uma variável também ocorre o aumento de outra. Para bandeja de 200 células observou-se correlação positiva e significativa entre os caracteres massa fresca

total e massa fresca da parte aérea; área da raiz e volume da raiz, indicando que quanto maior a massa fresca total, maior será a massa fresca da parte aérea e quanto maior a área radicular, maior será o volume radicular.

## ABSTRACT

### LINEAR RELATIONSHIPS BETWEEN BIOMETRIC VARIABLES OF LETTUCE SEEDLINGS

Seedling production is an important step in growing vegetables. Large-scale production of seedlings has motivated producers to adopt more modern techniques and methodologies. The study of the relationships between variables has applications in virtually all fields of research. Linear relationships between variables such as Pearson correlation analysis, path analysis and canonical correlations are of paramount importance to infer how much one variable can be related to another. Thus, this work aims to estimate the linear relationships between biometric variables in lettuce seedlings. The seedlings were grown in four expanded polystyrene trays with 128 cells and four expanded polystyrene trays with 200 cells. Leaf area, stem diameter, height of the aerial part, length, area and volume of the root and dry and fresh masses were evaluated, with Pearson's correlation analysis, diagnosis of multicollinearity, by means of the condition number and the inflation factor variance; path analysis and canonical correlations. The results show that there are linear relationships between the variables. For a 128 cell tray, there was a linear relationship between the characters total fresh weight and fresh weight of the aerial part; total fresh mass and dry mass of the aerial part, inferring that when there is an increase in one variable there is also an increase in another. For a 200-cell tray, a positive and significant correlation was observed between the characters total fresh weight and fresh weight of the aerial part; root area and root volume, indicating that the greater the total fresh mass, the greater the fresh mass of the aerial part and the greater the root area, the greater the root volume.



### 3.2.1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, sendo estimado que a sua área de cultivo é de, aproximadamente, 30.000 ha por ano (Sala e Costa, 2016) e sua produção nacional é de, aproximadamente, 671.509 toneladas (IBGE, 2017). Além de ser uma das hortaliças mais consumidas pelos brasileiros e apresentar características de boa adaptação, a cultura requer pequenas áreas para produção. É uma cultura de grande importância sócio - econômica, onde contribui na geração de emprego, renda e divisas para o país, exercendo assim relevante papel social, devido ao fato de contribuir para fixar o homem no campo (Silva et al., 2017).

A produção de mudas é uma das etapas mais importantes do cultivo de hortaliças, pois dela depende o desempenho produtivo das plantas e a qualidade do produto destinado ao mercado consumidor (Souza et al., 2008). Para obtenção de uma alface vigorosa é necessário que sua muda tenha sido de alta qualidade. São consideradas de qualidade as mudas bem formadas, saudáveis, que não apresentam estruturas de propagação de plantas daninhas, etc, existindo relação direta entre mudas saudáveis e plantas produtivas em campo (Campanharo et al., 2006). Mudas bem formadas asseguram o sucesso na implantação, em consequência, na produtividade da hortaliça. De maneira oposta, mudas que possuem o desenvolvimento prejudicado acarretam a deficiência do desenvolvimento da cultura, ampliando seu ciclo e trazendo perdas na produção, com consequente perda nos lucros (Guimarães et al., 2002).

A produção em larga escala de mudas de alta qualidade tem motivado os produtores a adotarem técnicas e metodologias mais modernas, procurando obter mudas uniformes e que atendam às suas necessidades. A produção e transplante de mudas é uma prática muito utilizada no cultivo das hortaliças, particularmente daquelas com sementes muito pequenas. A utilização de mudas permite maior controle do espaçamento, garante a população desejada e plantas uniformes (Fontes, 2005).

Dois ou mais variáveis podem estar associadas e entre estas é possível ocorrer uma correlação de modo que modificações em uma resultem em alterações na outra. Esta correlação pode ser utilizada para determinação de qualidade ou para inferir aspectos de variáveis cuja mensuração seja complexa

ou destrutiva. Além disso, as informações podem ser utilizadas para determinação de manejo específico para favorecimento de processos que proporcionem maior qualidade das mudas (Volpato e Barreto, 2016).

O estudo das correlações entre caracteres tem aplicações em praticamente todos os campos de pesquisa. A correlação linear simples permite apenas avaliar a magnitude e o sentido da associação entre duas variáveis, sem fornecer informações necessárias relativas aos efeitos diretos e indiretos de um grupo de caracteres em relação a uma variável dependente de maior importância (Cruz, 2012). Porém apenas a análise de correlação entre variáveis não é suficiente para explicar tais respostas, pois podem apresentar problemas de multicolinearidade que mascaram reais resultados. Então Wright (1921), com o intuito de melhor compreensão sobre as causas envolvidas nessas associações, definiu o método de análise de trilha, que permite o desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos das variáveis independentes sobre uma variável dependente principal.

Além da análise de trilha, as análises de correlações canônicas também são utilizadas e, neste caso, podem-se verificar as correlações entre dois grupos de variáveis (Cruz et al., 2012). Análises biométricas via correlações canônicas permitem a seleção de grupos de variáveis, conferindo maiores ganhos do que quando se limita a apenas análise de duas variáveis (Bezerra Neto et al., 2006).

A multicolinearidade é comum em análises de correlações e regressões. Com a multicolinearidade elevada entre duas variáveis, ocorrerá um erro igualmente elevado. Para a análise de trilha, o diagnóstico de multicolinearidade deve ser realizado na matriz das variáveis explicativas, enquanto na análise de correlações canônicas o diagnóstico de multicolinearidade deve ser realizado dentro de cada grupo de variáveis (Blalock, 1963; Cruz et al., 2012) para obtenção de estimativas mais precisas dos efeitos diretos e indiretos sobre a variável dependente ou grupo de variáveis em estudo (Olivoto et al., 2017).

Estudos das relações lineares entre variáveis com mudas são escassos na literatura e, entre aqueles realizados, não foi encontrado trabalho com a cultura da alface. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo estimar as relações lineares existentes entre variáveis biométricas em mudas de alface.

### 3.2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro), localizado na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ.

Para realização do experimento, foram utilizadas quatro bandejas de poliestireno expandido com 128 células (medidas externas - comprimento (mm): 673; largura (mm): 344; altura (mm): 62; medidas das células - superior (mm): 35 x 35; inferior (mm): 9 x 9; altura (mm): 62) e quatro bandejas de poliestireno expandido com 200 células cada (medidas externas - comprimento (mm): 670; largura (mm): 340; altura (mm): 53; medidas das células - superior (mm): 28 x 28; inferior (mm): 5 x 5; altura (mm): 53), foi utilizado substrato comercial, juntamente ao substrato foi adicionado NPK 4-14-8. As medidas utilizadas foram, NPK 4-14-8, na dose 80g/25kg substrato. Foram semeadas três sementes de alface, cultivar 'Cinderela', por célula. As bandejas foram dispostas sobre bancadas, em ambiente protegido, a 1 m do solo, desde a semeadura até a avaliação das mudas. A irrigação foi automática, ocorrendo de três a quatro vezes por dia, com duração de 2 minutos e meio cada. O desbaste ocorreu aos 9 e 10 dias após a emergência das plântulas, deixando apenas uma plântula por célula.

A colheita e as avaliações foram realizadas aos 21 dias após a emergência (DAE). Todas as variáveis foram analisadas em todas as mudas (total = 1.312 mudas). Após a colheita, as raízes das mudas foram lavadas em água corrente, com o auxílio de uma peneira, para não haver perda de raízes. Posteriormente, as plântulas foram dispostas sobre papel absorvente para remoção do excesso de água e em seguida, o comprimento total – CT (cm) (ponta da raiz até a ponta da folha mais alta) e o comprimento da parte aérea – CP (cm) das plântulas foi mensurada com o auxílio de uma régua. O comprimento da raiz – CR (cm) foi mensurado de acordo com a diferença entre o comprimento total e o comprimento da parte aérea, enquanto o diâmetro do caule – DC (mm) foi mensurado no meio da muda (mais próximo a raiz) com o auxílio de um paquímetro digital. Em seguida, as mudas foram pesadas em balança analítica de precisão para obtenção da massa fresca total – MFT (g), posteriormente as raízes foram separadas da parte aérea com o auxílio de uma tesoura, para que as outras variáveis fossem mensuradas. Posteriormente a massa fresca da parte aérea –

MFPA (g) e a massa fresca da raiz – MFR (g) das mudas foram pesadas em balança analítica de precisão. As folhas foram dispostas entre lâminas de acetato transparentes e escaneadas, para obtenção da imagem digital. A área foliar – AF (cm<sup>2</sup>) foi mensurada de acordo com o aplicativo Digimizer® versão 5.3.5 (Medical Software Brolkstraat), enquanto o volume da raiz – VR (dm<sup>3</sup>) e área radicular – AR (cm<sup>2</sup>), também digitalizados, foram mensurados com o aplicativo Safira® (EMBRAPA, 2010). Em seguida, o material foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, para em seguida serem determinadas a massa seca da raiz – MSR (g) e massa seca da parte aérea – MSPA (g).

Para as análises estatísticas foi realizada uma análise descritiva obtendo as estimativas da média ( $\bar{X}$ ), a variância ( $s^2$ ) e o desvio padrão para cada variável, em cada tipo de bandeja. Os resultados foram representados em tabelas de frequência e gráficos boxplot. Na sequência, e no intuito de comparar as médias obtidas das variáveis em cada um dos dois tratamentos (bandejas de 128 e 200 células), foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

As relações entre as variáveis foram estimadas pelos coeficientes de correlações lineares de Pearson. Os efeitos diretos e indiretos foram estimados a partir da análise de trilha e, para isso, foram realizadas duas análises, definindo como variável dependente principal a área foliar e, depois, a massa fresca da parte aérea sendo as demais variáveis submetidas a análise de *stepwise* com o objetivo de selecionar as variáveis explicativas que não causavam multicolinearidade na matriz de correlação.

Após a seleção de variáveis por *stepwise* realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade entre as variáveis explicativas por meio da análise do número de condição, usando a expressão (1), conforme abaixo:

$$NC = \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} \quad (1)$$

Onde NC representa a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlações. Sendo que  $NC < 100$  indica que não há problemas sérios relacionados a multicolinearidade (fraca),  $100 < NC < 1000$  indica problemas moderados a multicolinearidade e  $NC > 1000$  indica fortes evidências de multicolinearidade.

E pelo fator de inflação de variância, onde  $VIF < 10$  indica fraca multicolinearidade e  $VIF > 10$  indica elevada multicolinearidade, usando a expressão (2), conforme abaixo:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (2)$$

Onde,

$R_j^2$  = coeficiente de determinação.

O diagnóstico de multicolinearidade foi realizado dentro de cada grupo de variáveis pelo Fator de inflação da variância (VIF) inferior a 10 (Hair et al., 2009) e número de condição (NC) inferior a 100 (Montgomery, Peck 1982) utilizando-se no grupo apenas variáveis que não causam multicolinearidade.

A análise de trilha foi realizada para cada tratamento utilizado (bandejas com 128 células e bandejas com 200 células), e foi calculada a partir da matriz de correlações de Pearson. Os coeficientes de trilha foram obtidos pela metodologia proposta por Cruz et al., (2012). Também foi realizada uma análise de correlação canônica para cada tratamento. Os grupos formados para tal foram variáveis da parte aérea versus variáveis de raiz das mudas de alface produzidas em bandejas de 128 e 200 células.

As análises estatísticas foram realizadas a 5% de significância e com auxílio dos pacotes MASS para a análise de *stepwise* (Venables; Ripley, 2002), biotools para a análise de trilha (Silva et al., 2017) e yacca para as análises de correlação canônica, disponíveis no programa R (R Core Team 2017).

### 3.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística descritiva para as variáveis comprimento total (CT), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CP), diâmetro do caule (DC), massa fresca total (MFT), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), volume da raiz (VR), área da raiz (AR) e área foliar (AF) de mudas de alface cultivar Cinderela cultivadas em bandeja de 128 e 200 células estão apresentadas na Tabela 1.

As variáveis que determinam comprimento possuem um desvio padrão maior e, por consequência, maior variabilidade quando comparadas às variáveis

que indicam massa e área, independentemente do tipo de bandeja. Porém, quando comparados os tipos de bandeja, pode-se observar que as bandejas de 200 células apresentam maior variabilidade geral do que as bandejas de 128 (Tabela 1). O volume da célula foi um fator importante na produção das mudas, sendo possível observar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos para todas as variáveis analisadas, com exceção da variável área superficial da raiz. Quanto maior o volume da célula, melhor foi a qualidade da muda produzida, em termos de crescimento da parte aérea.

Os resultados mínimos mais altos estão localizados no tratamento 128, indicando que mesmo o menor valor no tratamento 128 é mais elevado que o menor valor do tratamento 200. Os valores máximos mais altos estão no tratamento 200, porém, observando as médias dos tratamentos nota-se que as maiores médias estão localizadas no tratamento 128, então provavelmente o valor alto localizado no tratamento 200 deve-se a um valor discrepante ou *outliers*.

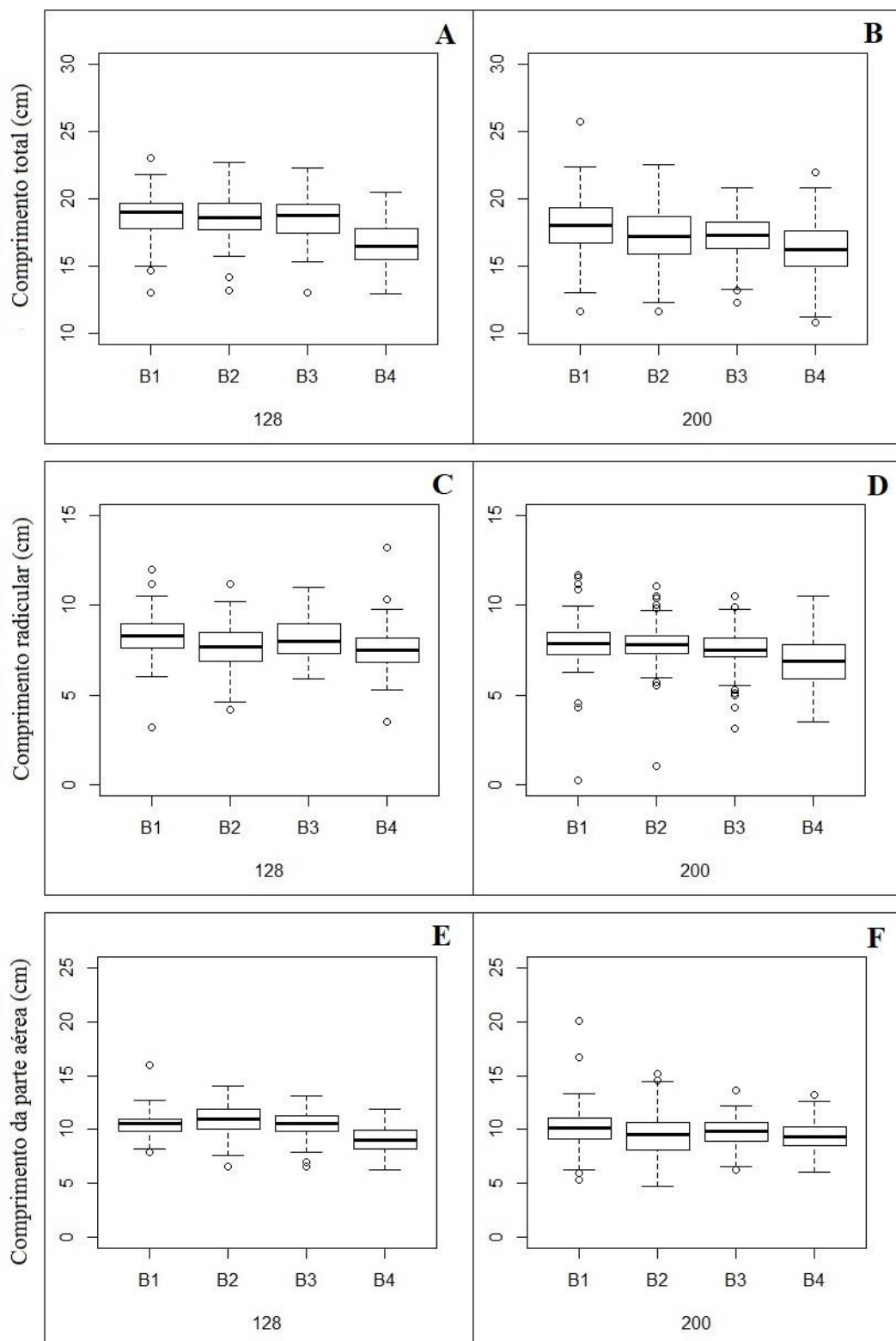
As variáveis de comprimento (comprimento total, comprimento de raiz e comprimento da parte aérea) tiveram melhor desenvolvimento no tratamento de 128 células, como podemos observar na Figura 1. A Figura 1 traz um gráfico chamado boxplot ou diagrama de caixa, que fornece uma análise visual de posição, dispersão, simetria, caudas e valores discrepantes (*outliers*) do conjunto de dados. Os dados estão inseridos desde a parte inferior até a parte superior das caudas. A barra na cauda inferior equivale ao valor mínimo e a barra na cauda superior equivale ao valor máximo. A caixa está dividida em quartis. O primeiro quartil é a parte inferior da caixa, o segundo quartil, ou mediana, é a barra dentro da caixa e o terceiro quartil é a parte superior da caixa. A distribuição dos dados se dá em 25% na cauda inferior, 25% no primeiro quartil, 25% no terceiro quartil e 25% na cauda superior. O ponto em vermelho dentro da caixa é a média, e os pontos fora das caudas são os valores discrepantes.

No tratamento de 200 células, o sistema radicular teve uma condição que limitou o crescimento da sua raiz, o volume da célula. Com isso, a tendência é que se tenha maior disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento de outros órgãos, que pode ser observado pelo crescimento da parte aérea, em comprimento, ou um maior diâmetro do caule devido ao acúmulo de carboidratos (Figura 2).

**Tabela 1.** Análise estatística descritiva dos tratamentos de 128 e 200 células, com o valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e variância

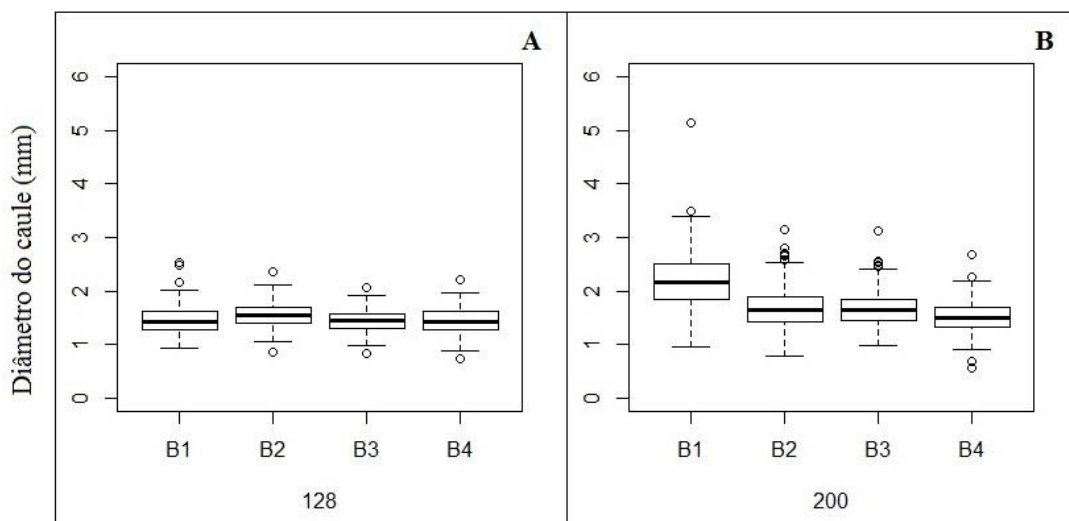
| Trat | Estatísticas  | Variáveis |         |         |         |         |         |          |         |          |                       |                       |                       |
|------|---------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      |               | CT (cm)   | CR (cm) | CP (cm) | DC (mm) | MFT (g) | MFR (g) | MFPA (g) | MSR (g) | MSPA (g) | VR (dm <sup>3</sup> ) | AR (cm <sup>2</sup> ) | AF (cm <sup>2</sup> ) |
| 128  | Mínimo        | 12,900    | 3,200   | 6,200   | 0,730   | 0,431   | 0,012   | 0,090    | 0,002   | 0,014    | 0,001                 | 0,011                 | 1,961                 |
| 128  | Média         | 18,12*    | 7,927*  | 10,193* | 1,476*  | 0,948*  | 0,128*  | 0,820*   | 0,008*  | 0,04*    | 172,694*              | 0,412                 | 3,717*                |
| 128  | Máximo        | 23,000    | 13,200  | 16,000  | 2,540   | 1,611   | 1,221   | 1,431    | 0,019   | 0,068    | 0,850                 | 1,323                 | 6,739                 |
| 128  | Desvio padrão | 1,792     | 1,172   | 1,395   | 0,251   | 0,211   | 0,085   | 0,182    | 0,003   | 0,009    | 0,145                 | 0,247                 | 0,698                 |
| 128  | Variância     | 3,213     | 1,375   | 1,947   | 0,063   | 0,045   | 0,007   | 0,033    | 0,000   | 0,000    | 21029229,70           | 61081323,12           | 0,487                 |
| 200  | Mínimo        | 10,800    | 0,241   | 4,710   | 0,560   | 0,215   | -0,824  | 0,199    | 0,001   | 0,007    | 0,001                 | 0,003                 | 1,064                 |
| 200  | Média         | 17,142*   | 7,529*  | 9,613*  | 1,774*  | 0,836*  | 0,142*  | 0,694*   | 0,009*  | 0,033    | 258,654*              | 0,399                 | 2,954*                |
| 200  | Máximo        | 25,700    | 11,690  | 20,059  | 5,150   | 5,168   | 0,450   | 4,943    | 0,035   | 0,074    | 1,395                 | 2,451                 | 6,972                 |
| 200  | Desvio padrão | 2,008     | 1,223   | 1,651   | 0,466   | 0,402   | 0,074   | 0,397    | 0,003   | 0,009    | 0,206                 | 0,281                 | 0,691                 |
| 200  | Variância     | 4,032     | 1,495   | 2,727   | 0,217   | 0,162   | 0,005   | 0,158    | 0,000   | 0,000    | 42305392,80           | 79040772,80           | 0,478                 |

\*Médias diferentes entre as bandejas de 128 e 200 células, pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade



**Figura 1.** Boxplot com as medidas de comprimento nos tratamentos de 128 e 200 células. (A) Comprimento total na bandeja de 128 células; (B) Comprimento total na bandeja de 200 células; (C) Comprimento da raiz na bandeja de 128 células; (D) Comprimento da raiz na bandeja de 200 células; (E) Comprimento da parte aérea na bandeja de 128 células e (F) Comprimento da parte aérea na bandeja de 200 células.

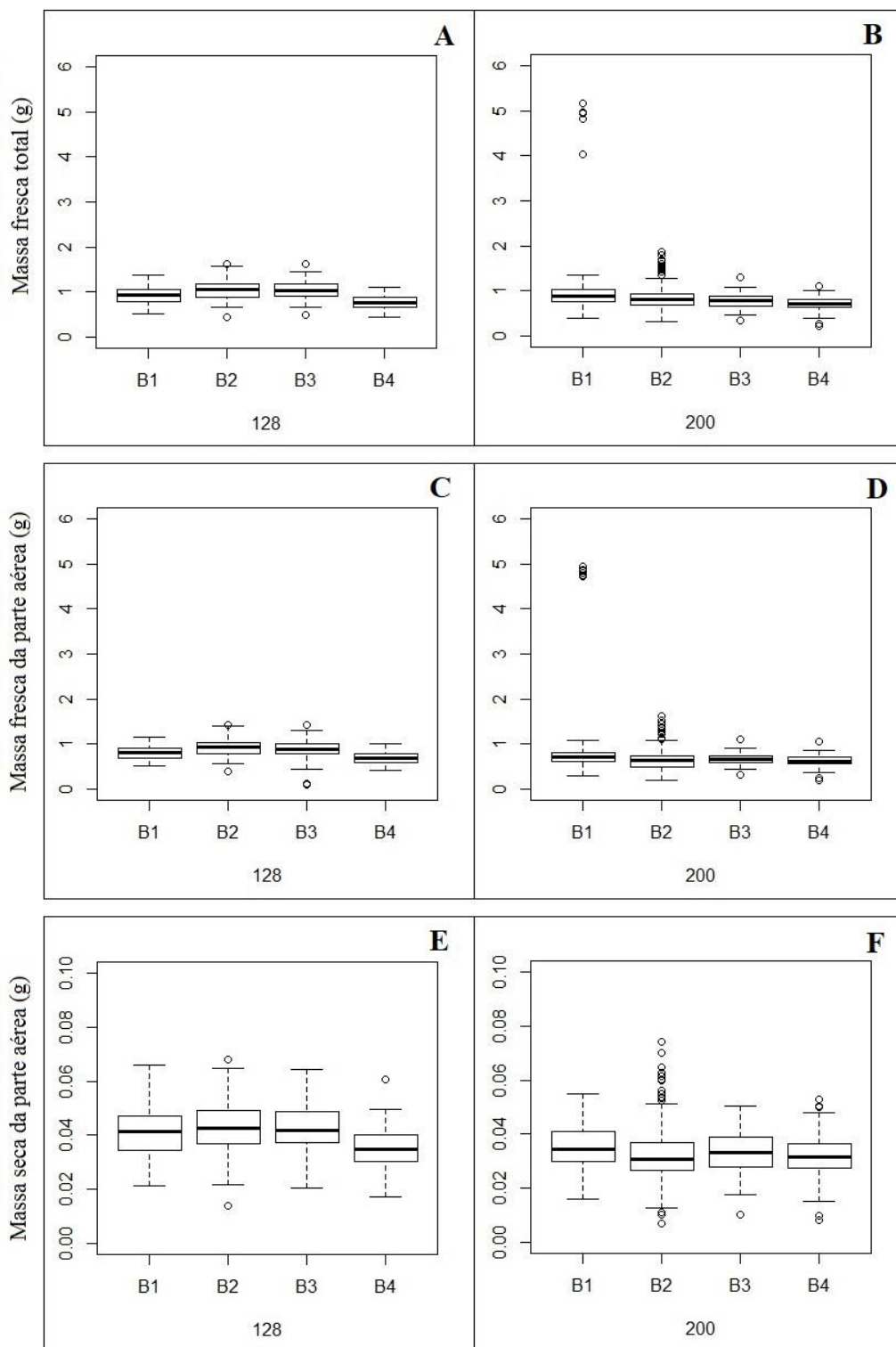




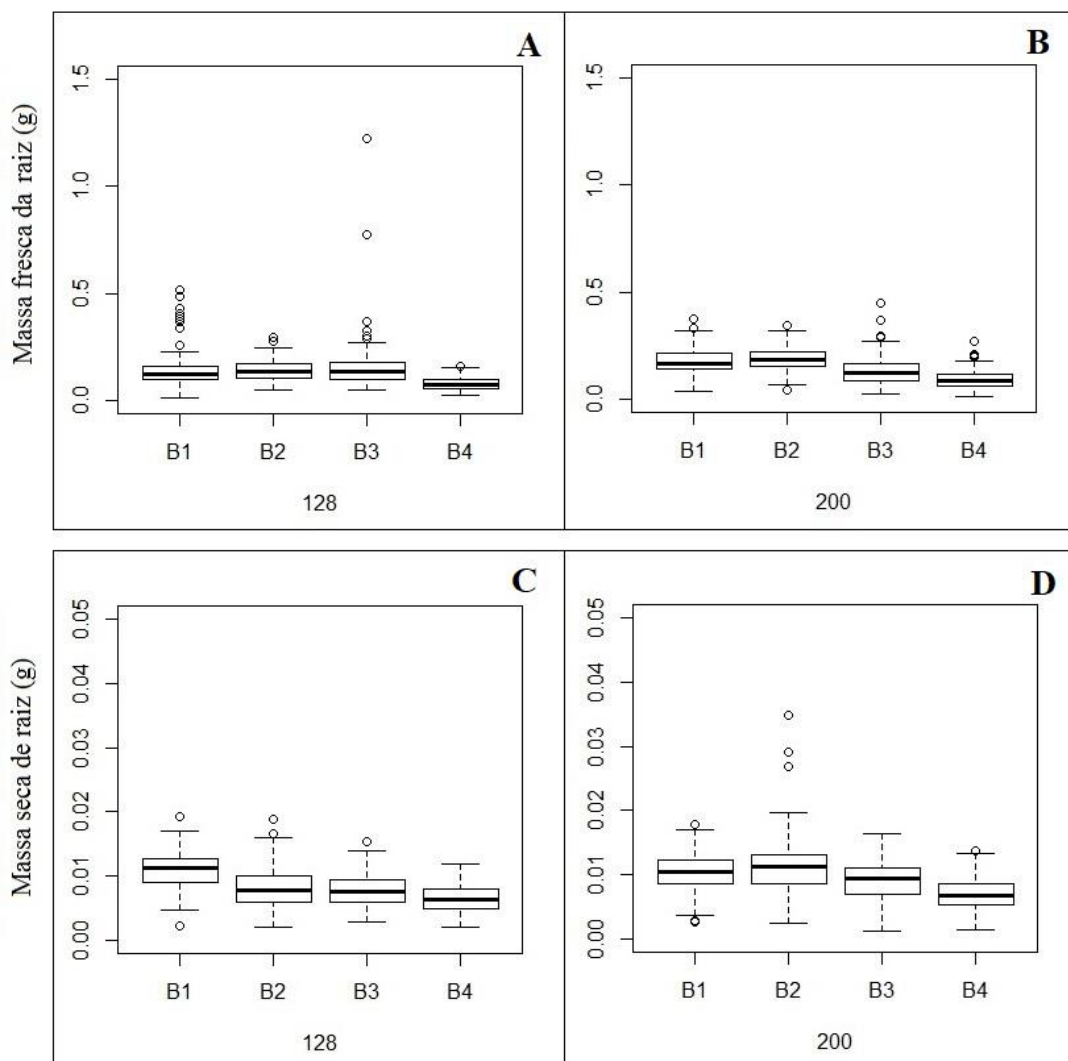
**Figura 2.** Boxplot do (A) Diâmetro do caule na bandeja de 128 células e (B) Diâmetro do caule na bandeja de 200 células.

Nas variáveis de massa (massa fresca total, massa fresca da raiz, massa fresca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca da parte aérea) as médias ficaram divididas entre os dois tratamentos. A massa fresca total e as massas da parte aérea tiveram maior média no tratamento de 128 (Figura 3). Em contrapartida, as massas de raiz tiveram uma maior média no tratamento de 200 (Figura 4).

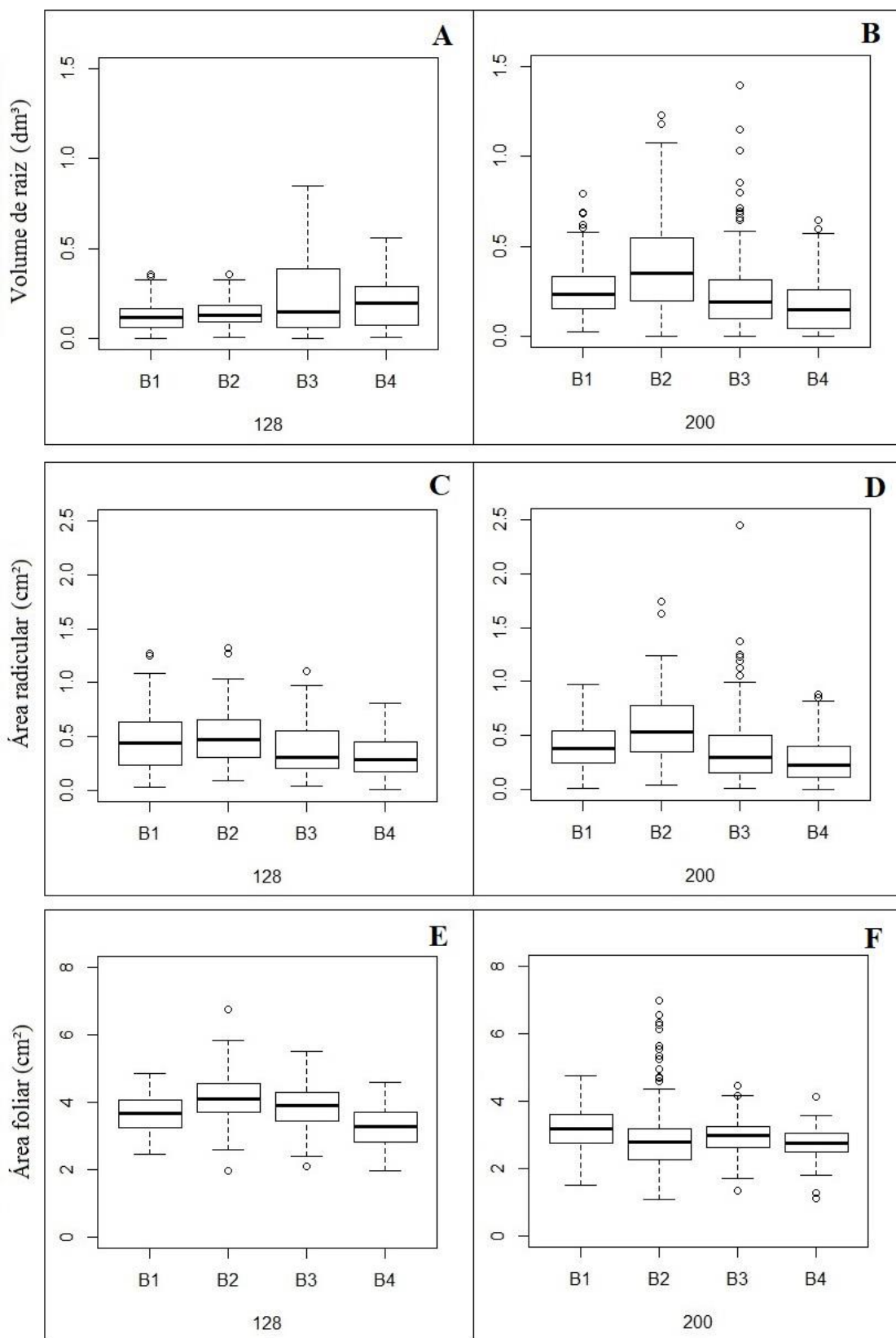
Em relação ao volume da raiz o tratamento que possui o maior volume, é o tratamento de 200. A maior área de raiz é apresentada no tratamento de 128, porém as médias não possuem diferenças significativas entre os tratamentos. No que se refere à área foliar, o tratamento que apresentou a melhor média é o de 128 (Figura 5).



**Figura 3.** Boxplot da massa fresca total e das massas da parte aérea. (A) Massa fresca total na bandeja de 128 células; (B) Massa fresca total na bandeja de 200 células; (C) Massa fresca da parte aérea na bandeja de 128 células; (D) Massa fresca da parte aérea na bandeja de 200 células; (E) Massa seca da parte aérea na bandeja de 128 células e (F) Massa seca da parte aérea na bandeja de 200 células.



**Figura 4.** Boxplot com as massas da raiz. (A) Massa fresca da raiz na bandeja de 128 células; (B) Massa fresca da raiz na bandeja de 200 células; (C) Massa seca da raiz na bandeja de 128 células e (D) Massa seca da raiz na bandeja de 200 células.



**Figura 5.** Boxplot das medidas de volume de raiz, área de raiz e área foliar. (A) Volume da raiz na bandeja de 128 células; (B) Volume da raiz na bandeja de 200 células; (C) Área da raiz na bandeja de 128 células; (D) Área da raiz na bandeja de 200 células; (E) Área foliar na bandeja de 128 células e (F) Área foliar na bandeja de 200 células.

A produção de mudas de hortaliças é uma das mais importantes etapas do sistema de produção, influenciando diretamente no desempenho final das plantas (Souza e Ferreira, 1997). Para sua produção, existem diferentes tamanhos e tipos de bandejas a serem utilizadas, como exemplo, têm-se bandejas de 72, 128 e 200 células. A tendência é que bandejas com maior número de células e menor volume sejam mais utilizadas. Quanto menor o volume das células, maior é o número de mudas que podem ser obtidas na casa de vegetação, necessitando de menos substrato e, por consequência, redução custo da produção das mudas (Godoy e Cardoso, 2005). Porém, essa economia pode ser prejudicial à produção final, pois em células com menor espaço físico e volume a escassez de substrato pode interferir no desenvolvimento das mudas, impedindo que elas expressem seu potencial genético, reduzindo a qualidade e a produtividade do produto final (Echer et al., 2007).

Comparando os dois tratamentos (Tabela 1), pode-se observar que a bandeja que possui maior volume de substrato (bandeja de 128 células) apresenta desempenho superior ao da bandeja que apresenta menor volume de substrato (200 células). Provavelmente esse feito é devido a maior disponibilidade de fatores de crescimento, tais quais nutrientes, água, espaço físico e luminosidade. De forma geral, as bandejas de 128 células promovem melhor desenvolvimento da muda por propiciar maior espaço a ser explorado.

Os resultados observados na presente pesquisa corroboram com outras referências encontradas na literatura. O tamanho das células interfere na produção das mudas, sendo o melhor desenvolvimento em bandejas com maior volume e menor número de células. Experimentos com alface (Trani et al., 2007), cebola (Reghin et al., 2007a) e tomate cereja (Lima et al., 2009) mostraram que as mudas dessas plantas apresentam melhor qualidade quando produzidas em células com maior volume. À medida que as mudas se desenvolvem, bandejas que dispõem de pouca quantidade de substrato irão propiciar pequenas quantidades de nutrientes e água, que se dissipam em períodos mais curtos, causando estresse nas plantas, limitando assim, seu crescimento e desenvolvimento.

Com o objetivo de estudar a viabilidade da utilização de bandejas de poliestireno expandido com 72 e 128 células na produção de mudas de batata-doce, Rós e Narita (2011) observaram que o tipo de bandeja influenciou na

produtividade de ramas (peso de ramas frescas), que foi favorecida pela bandeja de 72 células. Da mesma maneira como nesse experimento, o volume das células da bandeja interfere na parte aérea de diferentes hortaliças. Resende et al., (2003), analisando a influência de tipos de bandeja e idade de transplântio das mudas de alface tipo americana constataram que em mudas com 30 dias, as maiores massas frescas foram obtidas em bandejas com menores número de células (3,50; 2,23 e 1,76 g planta<sup>-1</sup> com as bandejas de 128; 200 e 288 células, respectivamente).

Dessa forma, compreende-se que quanto menor o espaço disponível para o crescimento das raízes e menor a quantidade de substrato, mais difícil será suprir os fatores que garantem um crescimento e desenvolvimento adequado da muda. De acordo com Silva et al., (2000) e Menezes Júnior et al., (2000), quanto maior o volume do substrato envolvendo o sistema radicular, mais fácil é suprir os fatores ótimos de produção para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Além disso, mudas que manifestam qualquer restrição no desenvolvimento do sistema radicular possuem dificuldade de compensar a evapotranspiração quando transplantadas a campo, mesmo se forem bem irrigadas após o transplântio (Wien, 1997). Dessa forma, apesar de maior gasto com substrato em função do maior volume da célula, a formação da muda deve ser considerada, tendo em vista o sucesso seguido do transplântio, acarretando numa maior produtividade (Echer et al., 2007).

Para a interpretação de correlações, três aspectos devem ser levados em conta: a magnitude, a direção e a significância. Estimativas de coeficiente de correlação positivas indicam a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta, correlações negativas indicam tendência de uma variável aumentar enquanto a outra diminui (Nogueira et al., 2012).

A correlação de Pearson, que mede o grau de correlação entre duas variáveis, apresentou magnitudes que variaram de 0,01 a 0,92 para a bandeja de 128 células e 0,01 a -0,03 para a bandeja de 200 células (Tabela 2).

Para bandeja de 128 células foi observada a correlação positiva e significativa entre os caracteres MFT e MFPA, ou seja, quando ocorre o aumento de MFT aumenta a MFPA ou vice-versa. Correlação significativa também foi encontrada entre as variáveis MFT e MSPA, inferindo que quanto maior a massa fresca total maior será a massa seca da parte aérea. A variável AF apresentou

correlação positiva com as variáveis MFT, MFPA e MSPA, mas estas relações já eram esperadas, pois a área foliar irá resultar nas massas secas e frescas da parte aérea. Outras correlações significativas foram entre as variáveis MSPA e MFPA; CP e CT, porque são variáveis dependentes uma da outra (Tabela 2).

Para a bandeja de 200 células observou-se correlação positiva e significativa entre os caracteres MFT e MFPA, ou seja, quando ocorre o aumento de MFT aumenta a MFPA ou vice-versa. Outra correlação positiva e significativa foi encontrada entre as variáveis AR e VR, indicando que quanto maior a área radicular, maior será o volume radicular.

Houve correlação negativa entre as variáveis MFPA e MFR, porém ela possui magnitude muito baixa e não é significativa. As variáveis CP e CT; AF e MSPA também apresentaram correlação alta e significativa.

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis: comprimento total (CT), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CP), diâmetro do caule (DC), massa fresca total (MFT), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), volume da raiz (VR), área da raiz (AR) e área foliar (AF), em mudas de alface cultivar Cinderela, produzidas em bandejas de 128 células, abaixo da diagonal principal, e de 200 células, acima da diagonal principal

|      | CT           | CR    | CP           | DC    | MFT          | MFR   | MFPA         | MSR   | MSPA         | VR    | AR           | AF           |
|------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|--------------|
| CT   | -            | 0,57* | <b>0,79*</b> | 0,22* | 0,39*        | 0,23* | 0,35*        | 0,14* | 0,41*        | 0,16* | 0,16*        | 0,59*        |
| CR   | 0,63*        | -     | 0,05         | 0,20* | 0,13*        | 0,36* | 0,07         | 0,33* | 0,12*        | 0,25* | 0,25*        | 0,10*        |
| CP   | <b>0,76*</b> | 0,03  | -            | 0,13* | 0,37*        | 0,01  | 0,38*        | 0,08* | 0,41*        | 0,01  | 0,01         | 0,64*        |
| DC   | 0,18*        | 0,17* | 0,08         | -     | 0,22*        | 0,36* | 0,16*        | 0,41* | 0,38*        | 0,10* | 0,12*        | 0,33*        |
| MFT  | 0,55*        | 0,20* | 0,54*        | 0,43* | -            | 0,16* | <b>0,98*</b> | 0,22* | 0,45*        | 0,14* | 0,13*        | 0,49*        |
| MFR  | 0,23*        | 0,27* | 0,06         | 0,24* | 0,53*        | -     | -0,03        | 0,66* | 0,37*        | 0,41* | 0,44*        | 0,27*        |
| MFPA | 0,53*        | 0,10* | 0,60*        | 0,39* | <b>0,92*</b> | 0,14* | -            | 0,10* | 0,38*        | 0,06  | 0,05         | 0,44*        |
| MSR  | 0,35*        | 0,48* | 0,05         | 0,33* | 0,47*        | 0,49* | 0,31*        | -     | 0,45*        | 0,34* | 0,39*        | 0,22*        |
| MSPA | 0,45*        | 0,25* | 0,37*        | 0,51* | <b>0,86*</b> | 0,39* | <b>0,81*</b> | 0,59* | -            | 0,21* | 0,21*        | <b>0,79*</b> |
| VR   | 0,02         | 0,09* | 0,11*        | 0,02  | 0,09*        | 0,11* | 0,05         | 0,01  | 0,11*        | -     | <b>0,86*</b> | 0,12*        |
| AR   | 0,19*        | 0,24* | 0,04         | 0,23* | 0,32*        | 0,29* | 0,23*        | 0,41* | 0,35*        | 0,57* | -            | 0,11*        |
| AF   | 0,53*        | 0,11* | 0,59*        | 0,43* | <b>0,89*</b> | 0,28* | <b>0,90*</b> | 0,32* | <b>0,85*</b> | 0,08  | 0,28*        | -            |

\* Coeficiente significativo a 5% de probabilidade

Para a análise de trilha entre as variáveis das mudas cultivadas na bandeja de 128 células, utilizando como variável dependente principal AF, a seleção das variáveis explicativas via *stepwise* ocasionou um número de condição (NC) e fator de inflação de variância (VIF) baixos (Tabela 3). Da mesma forma, a

decomposição das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos apresentou coeficiente de determinação de 89% e efeito residual muito baixo (0,34), comprovando que as variáveis selecionadas pelo modelo via *stepwise* explicam grande parte da variação observada.

As variáveis CR, MFR, MSR, VR e AR não possuem relação de causa e efeito com a variável AF, pois as correlações são desprezíveis. As variáveis MFT e MSPA apresentou coeficiente de correlação de Pearson (  $r$  ) positivo e alto e efeito direto alto, confirmando que AF é explicada totalmente pelas variáveis MFT e MSPA, ou seja, tem relação de causa e efeito entre as variáveis. A variável CT apresentou  $r$  alto e efeito direto baixo devido aos efeitos indiretos.

**Tabela 3.** Análise de trilha dos efeitos diretos (diagonal principal) e indiretos das variáveis comprimento total (CT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa fresca total (MFT), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), volume de raiz (VR) e área de raiz (AR) sobre a variável área foliar (AF) de cultivar de alface cultivada em bandeja de 128 células

| Variáveis      | CT           | CR            | DC           | MFT          | MFR           | MSR           | MSPA         | VR            | AR           | r     |
|----------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-------|
| CT             | <b>0,171</b> | -0,075        | 0,005        | 0,312        | -0,030        | -0,059        | 0,192        | 0,001         | 0,013        | 0,529 |
| CR             | 0,108        | <b>-0,120</b> | 0,005        | 0,112        | -0,036        | -0,081        | 0,106        | -0,003        | 0,017        | 0,107 |
| DC             | 0,030        | -0,020        | <b>0,029</b> | 0,244        | -0,031        | -0,056        | 0,219        | -0,001        | 0,016        | 0,430 |
| MFT            | 0,094        | -0,024        | 0,012        | <b>0,568</b> | -0,069        | -0,078        | 0,368        | -0,003        | 0,022        | 0,891 |
| MFR            | 0,039        | -0,033        | 0,007        | 0,299        | <b>-0,132</b> | -0,082        | 0,168        | -0,003        | 0,020        | 0,282 |
| MSR            | 0,061        | -0,058        | 0,010        | 0,264        | -0,065        | <b>-0,167</b> | 0,253        | 0,000         | 0,028        | 0,325 |
| MSPA           | 0,076        | -0,030        | 0,015        | 0,486        | -0,051        | -0,098        | <b>0,430</b> | -0,003        | 0,024        | 0,848 |
| VR             | 0,004        | -0,011        | 0,001        | 0,049        | -0,014        | -0,001        | 0,047        | <b>-0,031</b> | 0,039        | 0,075 |
| AR             | 0,032        | -0,029        | 0,007        | 0,180        | -0,039        | -0,068        | 0,149        | -0,018        | <b>0,069</b> | 0,284 |
| R <sup>2</sup> | 0,89         |               |              |              |               |               |              |               |              |       |
| Residual       | 0,34         |               |              |              |               |               |              |               |              |       |
| VIF*           | 2,94         | 2,53          | 1,40         | 6,78         | 1,92          | 2,55          | 5,65         | 1,74          | 2,02         |       |
| NC             | 47,78        |               |              |              |               |               |              |               |              |       |

\*VIF: Fator de inflação da variância, NC: Número de condição

Para a análise de trilha entre as variáveis das mudas cultivadas na bandeja de 128 células, utilizando como variável dependente principal MFTA, a seleção das variáveis explicativas via *stepwise* ocasionou um número de condição (NC) e fator de inflação de variância (VIF) baixos (Tabela 4). Da mesma forma, a decomposição das correlações lineares em efeitos diretos e indiretos apresentou coeficiente de determinação de 84% e efeito residual muito baixo (0,40),



comprovando que as variáveis selecionadas pelo modelo via *stepwise* explicam grande parte da variação observada.

As variáveis CR, DC, MFR, VR e AR não possuem relação de causa e efeito com a variável MFPA, pois as correlações são desprezíveis. A variável AF apresentou coeficiente de correlação de Pearson positivo e alto e efeito direto alto, confirmando que MFPA é explicada totalmente pela variável AF, ou seja, tem relação de causa e efeito entre as variáveis. A variável CP apresentou r alto e efeito direto desprezível, sendo isso ocasionado pelos efeitos indiretos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de trilha dos efeitos direto (na diagonal principal) e indiretos das variáveis comprimento de raiz (CR), comprimento parte aérea (CP) diâmetro do caule (DC), massa fresca de raiz (MFR), volume de raiz (VR), área de raiz (AR) e área foliar (AF), sobre a variável massa fresca da parte aérea (MFPA) de cultivar de alface cultivada em bandeja de 128 células

| Variáveis      | CR            | CP            | DC            | MFR            | VR            | AR             | AF            | r      |
|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|--------|
| CR             | <b>0,0405</b> | -0,0032       | 0,0052        | -0,0340        | 0,0005        | -0,0001        | 0,0928        | 0,1016 |
| CP             | -0,0013       | <b>0,0968</b> | 0,0026        | -0,0073        | -0,0005       | 0,0000         | 0,5098        | 0,6000 |
| DC             | 0,0068        | 0,0081        | <b>0,0312</b> | -0,0295        | 0,0001        | -0,0001        | 0,3713        | 0,3879 |
| MFR            | 0,0111        | 0,0057        | 0,0075        | <b>-0,1238</b> | 0,0006        | -0,0002        | 0,2438        | 0,1447 |
| VR             | 0,0038        | -0,0102       | 0,0007        | -0,0131        | <b>0,0052</b> | -0,0003        | 0,0650        | 0,0510 |
| AR             | 0,0098        | 0,0037        | 0,0073        | -0,0362        | 0,0030        | <b>-0,0006</b> | 0,2458        | 0,2328 |
| AF             | 0,0043        | 0,0571        | 0,0134        | -0,0349        | 0,0004        | -0,0002        | <b>0,8643</b> | 0,9045 |
| R <sup>2</sup> | 0,84          |               |               |                |               |                |               |        |
| Residual       | 0,40          |               |               |                |               |                |               |        |
| VIF*           | 1,13          | 1,71          | 1,35          | 1,22           | 1,55          | 1,78           | 2,18          |        |
| NC             | 7,90          |               |               |                |               |                |               |        |

\*VIF: Fator de inflação da variância, NC: Número de condição

Para a análise de trilha entre as variáveis das mudas cultivadas na bandeja de 200 células, utilizando como variável dependente principal AF, os critérios de multicolinearidade foram satisfeitos (Tabela 5). Os efeitos diretos e indiretos apresentaram coeficiente de determinação de 76%. As variáveis CR, DC, MFT, MFR, MSR, VR e AR não possuem relação de causa e efeito com a variável AF, pois as correlações são desprezíveis. As variáveis CT e MSPA apresentaram coeficiente de correlação de Pearson positivo e alto e também efeito direto alto, confirmando que AF é explicada totalmente pelas variáveis CT e MSPA, ou seja, tem relação de causa e efeito entre as variáveis (Tabela 5).

**Tabela 5.** Análise de trilha dos efeitos diretos (na diagonal principal) e indiretos das variáveis: comprimento total (CT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa fresca total (MFT), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), volume de raiz (VR) e área de raiz (AR), sobre a variável área foliar (AF) de cultivar de alface cultivada em bandeja de 200 células

| Variáveis      | CT           | CR            | DC           | MFT          | MFR          | MSR           | MSPA         | VR            | AR            | r     |
|----------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-------|
| CT             | <b>0,408</b> | -0,119        | 0,010        | 0,033        | 0,018        | -0,015        | 0,257        | -0,001        | -0,006        | 0,586 |
| CR             | 0,233        | <b>-0,208</b> | 0,009        | 0,011        | 0,027        | -0,036        | 0,073        | -0,001        | -0,009        | 0,099 |
| DC             | 0,091        | -0,041        | <b>0,045</b> | 0,019        | 0,027        | -0,044        | 0,239        | 0,000         | -0,004        | 0,330 |
| MFT            | 0,159        | -0,028        | 0,010        | <b>0,085</b> | 0,012        | -0,024        | 0,280        | -0,001        | -0,005        | 0,489 |
| MFR            | 0,096        | -0,076        | 0,016        | 0,013        | <b>0,075</b> | -0,072        | 0,234        | -0,002        | -0,016        | 0,268 |
| MSR            | 0,055        | -0,069        | 0,018        | 0,019        | 0,050        | <b>-0,108</b> | 0,284        | -0,002        | -0,014        | 0,233 |
| MSPA           | 0,168        | -0,024        | 0,017        | 0,038        | 0,028        | -0,049        | <b>0,625</b> | -0,001        | -0,008        | 0,794 |
| VR             | 0,066        | -0,051        | 0,005        | 0,012        | 0,030        | -0,037        | 0,130        | <b>-0,005</b> | -0,031        | 0,118 |
| AR             | 0,067        | -0,052        | 0,005        | 0,011        | 0,033        | -0,042        | 0,132        | -0,004        | <b>-0,037</b> | 0,113 |
| R <sup>2</sup> | 0,762        |               |              |              |              |               |              |               |               |       |
| Residual       | 0,488        |               |              |              |              |               |              |               |               |       |
| VIF*           | 2,163        | 1,936         | 1,316        | 1,363        | 2,057        | 2,326         | 1,885        | 3,880         | 4,019         |       |
| NC             | 25,359       |               |              |              |              |               |              |               |               |       |

\*VIF: Fator de inflação da variância, NC: Número de condição

Para a bandeja de 200 células, utilizando como variável dependente principal MFPA, a multicolinearidade foi baixa (Tabela 6). O coeficiente de determinação foi de 76%. As variáveis CR, DC, MFT, MFR, MSR, VR e AR não possuem relação de causa e efeito com a variável MFPA, pois as correlações são desprezíveis. As variáveis CT e MSPA tem relação de causa e efeito com MFPA, confirmando que MFPA é explicada totalmente pelas variáveis CT e MSPA (Tabela 6).

**Tabela 6.** Análise de trilha dos efeitos direto (na diagonal principal) e indiretos das variáveis comprimento total (CT), comprimento de raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa fresca total (MFT), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), volume de raiz (VR) área de raiz (AR), sobre a variável massa fresca da parte aérea (MFPA) de cultivar de alface cultivada em bandeja de 200 células

| Variáveis      | CT          | CR           | DC          | MFT         | MFR         | MSR          | MSPA        | VR            | AR            | r     |
|----------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| CT             | <b>0,41</b> | -0,12        | 0,01        | 0,03        | 0,02        | -0,01        | 0,26        | -0,001        | -0,006        | 0,586 |
| CR             | 0,23        | <b>-0,21</b> | 0,01        | 0,01        | 0,03        | -0,04        | 0,07        | -0,001        | -0,009        | 0,099 |
| DC             | 0,09        | -0,04        | <b>0,04</b> | 0,02        | 0,03        | -0,04        | 0,24        | -0,001        | -0,004        | 0,329 |
| MFT            | 0,16        | -0,03        | 0,01        | <b>0,08</b> | 0,01        | -0,02        | 0,28        | -0,001        | -0,005        | 0,489 |
| MFR            | 0,10        | -0,08        | 0,02        | 0,01        | <b>0,07</b> | -0,07        | 0,23        | -0,002        | -0,016        | 0,268 |
| MSR            | 0,06        | -0,07        | 0,02        | 0,02        | 0,05        | <b>-0,11</b> | 0,28        | -0,002        | -0,014        | 0,233 |
| MSPA           | 0,17        | -0,02        | 0,02        | 0,04        | 0,03        | -0,05        | <b>0,63</b> | -0,001        | -0,008        | 0,794 |
| VR             | 0,07        | -0,05        | 0,00        | 0,01        | 0,03        | -0,04        | 0,13        | <b>-0,005</b> | -0,031        | 0,118 |
| AR             | 0,07        | -0,05        | 0,01        | 0,01        | 0,03        | -0,04        | 0,13        | -0,004        | <b>-0,037</b> | 0,113 |
| R <sup>2</sup> | 0,76        |              |             |             |             |              |             |               |               |       |
| Residual       | 0,49        |              |             |             |             |              |             |               |               |       |
| VIF *          | 2,16        | 1,94         | 1,32        | 1,36        | 2,06        | 2,33         | 1,88        | 3,88          | 4,02          |       |
| NC             | 25,36       |              |             |             |             |              |             |               |               |       |

\* VIF: Fator de inflação da variância, NC: Número de condição

As análises de correlações canônicas foram realizadas após o diagnóstico de multicolinearidade dentro de cada grupo de variáveis, e estes apresentaram valores considerados baixos. As interpretações das correlações canônicas foram realizadas considerando-se a significância do teste F e da magnitude da correlação dos grupos de variáveis. As correlações canônicas entre as variáveis de parte aérea e de raiz de mudas de alface cultivadas em bandejas de 128 células apresentou os três primeiros pares significativos, no entanto apenas o primeiro par apresenta magnitude elevada, mostrando a dependência dos grupos, podendo ser utilizados seus coeficientes para estudar os caracteres destes grupos. O primeiro par canônico apresentou correlação de  $r=0,697$ , com a carga cruzada canônica do grupo de variáveis da parte aérea MSPA com altas magnitudes e sinal negativo, e as variáveis MSR e MFR com mesma magnitude e sinal indicam que a diminuição dos valores de MSR e MFR causaria diminuição de MSPA, e que o aumento destes aumentaria também a variável da parte aérea (Tabela 7).

**Tabela 7.** Correlações canônicas entre grupos de variáveis da parte aérea e de raiz de mudas de alface cultivadas em bandejas de 128 células

| Variáveis                | G1     | G2     | G3        | G4     |
|--------------------------|--------|--------|-----------|--------|
| Variáveis de parte aérea |        |        |           |        |
| CP                       | -0,039 | 0,077  | -0,047    | -0,146 |
| MFPA                     | -0,306 | -0,018 | 0,080     | -0,120 |
| MSPA                     | -0,606 | 0,031  | 0,047     | -0,063 |
| AF                       | -0,349 | 0,130  | 0,076     | -0,101 |
| Variáveis de raiz        |        |        |           |        |
| CR                       | -0,310 | -0,045 | -0,005    | 0,045  |
| MFR                      | -0,449 | 0,253  | -0,034    | 0,031  |
| MSR                      | -0,676 | -0,060 | -0,013    | -0,022 |
| VR                       | -0,118 | 0,025  | 0,139     | 0,084  |
| AR                       | -0,330 | 0,094  | 0,133     | -0,039 |
| Correlação canônica      | 0,697  | 0,356  | 0,171     | 0,156  |
| Graus de liberdade       | 20     | 12     | 6         | 2      |
| p- valor                 | 0,00   | 0,00   | 0,0001143 | NS     |

Para as mudas de alface cultivadas em bandejas de 200 células, as correlações canônicas apresentaram os três primeiros pares significativos, no entanto apenas o primeiro par apresenta magnitude elevada e pode ser utilizado na explicação das dependências entre os grupos de variáveis. O primeiro par canônico apresentou correlação de  $r=0,551$  e da mesma forma que para as variáveis das mudas de alface cultivadas em bandejas de 128 células o resultado de carga cruzada canônica do grupo de variáveis da parte aérea MSPA é influenciada pelas variáveis do grupo de variáveis de raiz MSR e MFR, que se forem comprometidas causam redução de MSPA, e caso aumentem, também aumentariam a MSPA (Tabela 8).

**Tabela 8.** Correlações canônicas entre grupos de variáveis da parte aérea e de raiz de mudas de alface cultivadas em bandeja de 200 células

| Variáveis                | G1     | G2     | G3      | G4     |
|--------------------------|--------|--------|---------|--------|
| Variáveis de parte aérea |        |        |         |        |
| CP                       | 0,068  | 0,099  | 0,043   | 0,038  |
| MFPA                     | -0,086 | -0,157 | -0,030  | 0,034  |
| MSPA                     | -0,467 | 0,053  | 0,011   | 0,022  |
| AF                       | -0,247 | 0,123  | -0,037  | 0,032  |
| Variáveis de raiz        |        |        |         |        |
| CR                       | -0,144 | -0,016 | -0,110  | 0,014  |
| MFR                      | -0,400 | 0,178  | -0,018  | 0,007  |
| MSR                      | -0,545 | -0,027 | -0,009  | -0,002 |
| VR                       | -0,221 | -0,005 | 0,026   | 0,040  |
| AR                       | -0,226 | 0,004  | 0,042   | 0,030  |
| Correlação canônica      | 0,551  | 0,277  | 0,133   | 0,044  |
| Graus de liberdade       | 20     | 12     | 6       | 2      |
| p valor                  | 0,00   | 0,00   | 0,01564 | NS     |

Os resultados encontrados no presente trabalho revelaram poucas variáveis da cultura com associação linear. No entanto, relações importantes que podem ser utilizadas como informações para futuros estudos da cultura da alface foram encontradas.

Para a bandeja de 128 células, a relação significativa e positiva, encontrada entre as variáveis MFT, MFPA e MFT e MSPA foram esperados, uma vez que a maior parte da massa fresca total é referente à massa fresca da parte aérea. Essa mesma associação é feita com a MFT e MSPA.

As correlações entre AF e MFT, MFPA e MSPA foram altas, positivas e significativas indicando que a seleção praticada com base em qualquer um desses três caracteres influenciará positivamente na AF, ou o aumento da AF irá influenciar no aumento dos outros três. Isso é vantajoso, pois há a possibilidade de se obterem ganhos expressivos em uma variável de difícil mensuração (ex: área foliar), mediante a seleção de uma variável de mais fácil mensuração (ex: massa fresca da parte aérea). As variáveis MSPA, MFPA e CT, CP foram relacionadas, porém a relação entre essas variáveis é óbvia, uma vez que são variáveis dependentes uma da outra.

Para a bandeja de 200 células, houve relação entre as variáveis da raiz, AR e VR, ou seja, quanto maior o volume da raiz, maior será a sua área e vice-versa. Essa relação é benéfica, uma vez que um sistema radicular mais

desenvolvido, com maiores quantidades, principalmente de raízes finas, pode resultar em uma muda mais vigorosa e com mais chances de sobrevivência a campo e em ambientes com escassez de nutrientes e água (Oliveira et al., 2006). Além disso, técnicas para mensuração do volume da raiz são mais simples e, adiante da correlação, podem ser utilizados para inferir sobre a área das raízes.

Embora os estudos de correlação sejam úteis para determinar as relações lineares que influenciam a qualidade das mudas, estes não comprovam os efeitos diretos e indiretos das variáveis independentes (Chhetri, 2015; Cruz et al., 2012). Desta forma, a análise de trilha pode nos direcionar de forma realística a contribuição de cada variável.

De acordo com Silva et al. (2010), caracteres com altas correlações positivas com a variável principal e, com efeito direto em sentido favorável, indicam a presença de causa e efeito. Dessa forma, a análise de trilha revelou relação de causa e efeito da variável dependente AF com as variáveis independentes MFT e MFPA na bandeja de 128 células (Tabela 3) e para variável dependente MFPA a análise de trilha revelou relação de causa e efeito com a variável independente AF (Tabela 4), também para a bandeja de 128 células. Isso é esperado uma vez que a área foliar irá refletir tanto na massa fresca total quanto na massa fresca da parte aérea e vice-versa. Olivoto et al., (2015) avaliaram as relações entre parâmetros biométricos em mudas de pepino em ambiente natural e em ambiente protegido, sendo o último similar ao trabalho aqui apresentado. Eles identificaram que a variável dependente AF teve efeito direto da variável MFPA, evidenciando que o acúmulo da massa fresca da parte aérea contribui para o aumento da AF. Os mesmos autores observaram efeito direto da MSPA sob a variável dependente, afirmando sua contribuição para o aumento da variável. Os efeitos indiretos foram observados pelas variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), altura da planta (AP) e comprimento da raiz (CR).

Para a bandeja de 200 células, a análise de trilha revelou relação de causa e efeito da variável dependente AF com as variáveis independentes CT e MSPA (Tabela 5). Para a variável dependente MFPA na bandeja de 200 células também houve relação de causa e efeito com as variáveis independentes CT e MSPA (Tabela 6). Foi realizado por Nascimento Filho et al., (1993) um trabalho com mudas de guaraná, onde a variável dependente era massa seca da raiz (MSR). Foi constatado que a massa seca da parte aérea (MSPA) possui uma

forte correlação negativa. Ou seja, não possui a presença de causa e efeito, porém ele foi explicado através da influência indireta via diâmetro basal do ramo e principalmente área foliar. Como no presente trabalho, os autores também verificaram que a massa seca da parte aérea possuiu grande influência na área foliar e vice-versa. Em relação a CT, Gomes e Paiva (2004) afirmam que não é correto a utilização do comprimento das mudas como único critério para avaliação do padrão de qualidade. Porém, como a variável é de fácil mensuração, ela sempre é utilizada para estimar o padrão de qualidade de mudas (Gomes et al., 1978).

Binotto (2007) trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* avaliou a relação entre as variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Foi verificado que independente da espécie avaliada a massa seca da raiz e a massa seca das folhas apresentaram maiores efeitos diretos. Isso revela que essas variáveis realmente indicam qualidade de mudas, sendo as principais variáveis a serem estudadas. Resultados similares foram encontrados no trabalho de Dardengo et al. (2013), onde avaliaram o crescimento e qualidade de mudas de café. Foi observado nesse trabalho que a matéria seca total e o diâmetro do coleto foram as variáveis que exerceram o maior efeito direto sobre o IQD, porém nesse mesmo trabalho foi indicado que a matéria seca da parte aérea e da raiz também apresentaram altas correlações positivas com IQD. Esses resultados reafirmam que o parâmetro que mais exerce influência nos aspectos que indicam qualidade, é a massa seca da parte aérea.

Diversos autores têm realizado trabalhos de associação de variáveis em diferentes espécies, porém os trabalhos com mudas de alface são escassos. Um exemplo é o trabalho desenvolvido por Nascimento Filho et al., (2012) onde foi avaliado a correlação canônica em mudas de guaraná. Foi constatado pelos autores que os grupos de raiz e parte aérea são dependentes um do outro, ou seja, possuem fortes correlações entre si. As variáveis que mais tiveram relação foram o comprimento do ramo (CRA) com peso da matéria seca da raiz (PSRZ) inferindo que há como melhorar o sistema radicular a partir do maior comprimento do ramo. Dessa forma, para que não haja a destruição da muda, pode-se realizar apenas a mensuração do comprimento dos ramos. As variáveis menos importantes para as correlações entre os grupos para mudas de guaraná foram comprimento médio da raiz (CPMRZ) e diâmetro médio da raiz (DMRA), e

comprimento do ramo (CRA), peso da matéria seca da raiz (PSRZ) e peso da matéria seca do ramo (PSRA) inferindo que essas características irão causar poucas ou nenhuma alteração uma na outra.

As correlações encontradas nesse trabalho são relevantes e podem ser utilizadas como informação para futuros estudos. De acordo com os resultados obtidos nota-se que as variáveis alvo de estudo podem exercer influência umas sobre as outras, ou possuírem relação de causa e efeito, com os grupos de raiz e de parte aérea apresentando relação, indicando que o ganho ou a perda de um grupo irá acarretar no ganho ou na perda do outro. Assim, o crescimento da parte aérea pode ser utilizado como indicador do desenvolvimento do sistema radicular reduzindo o volume de amostragens e análises.

### 3.2.4 CONCLUSÕES

Há relação linear entre variáveis biométricas em mudas de alface. Tal resultado indica que é possível utilizar uma característica de análise mais simples, ou que requeira equipamentos menos complexos, como as variáveis da parte aérea, para inferir sobre aspectos de outra variável que associada ao adequado desenvolvimento das mudas e, conseqüentemente, possa indicar a qualidade destas.

### 3.2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bezerra Neto, F. V.; Leal, N. R.; Costa, F. R.; Gonçalves, G. M.; Amaral Júnior, A. T. do; Vasconcellos, H. O.; Mello, M. (2006). Análise biométrica de linhagens de abóbora. *Horticultura Brasileira*, 24, 378–380.
- Binotto, A. F. (2007). *Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de dickson em mudas de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maid e Pinus elliotii var. elliotii-Engelm.* Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.
- Blalock, H. M. (1963). Correlated Independent Variables: The Problem of Multicollinearity. *Social Forces*, v. 42, p. 233–237.



- Campanharo, M.; Rodrigues, J. J. V.; Lira Junior, M. A.; Espindula, M. C.; Costa, J. V. T. (2006). Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. *Revista Caatinga*, v.19, n.2, p.140-145.
- Chhetri, A. (2015). *Studies on Genetic Divergence in Strawberry (Fragaria x ananassa Duch.)*. Tese de Doutorado. College of Horticulture, Bharsar Campus, VCSG Uttarakhand University of Horticulture and Forestry.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2012). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 514p.
- Dardengo, M. C. J. D.; Sousa, E. F.; Reis, E. F.; Gravina, G. A. (2013). Crescimento e qualidade de mudas de café conilon produzidas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento. *Coffee Science*, Lavras, v. 8, n. 4, p. 500-509.
- Echer, M. M.; Guimarães, V. F.; Aranda, A. N.; Bortolazzo, E. D.; Braga, J. S. (2007). Avaliação de mudas de beterraba em função do substrato e do tipo de bandeja. *Ciências Agrárias*, v. 28, n. 1, p. 45-50.
- Embrapa Instrumentação Agropecuária. (2010). *Safira – Software para análise de fibras e raízes por imagem*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2016/safira---software-para-analise-de-fibras-e-raizes-por-imagem>>. Acesso em: 17 abril, 2019.
- Fontes, P. C. R. (2005). *Olericultura: teoria e prática*, Viçosa-MG: UFV, 486p.
- Godoy, M. C.; Cardoso, A. I. I. (2005). Produtividade da couve-flor em função da idade de transplante das mudas produzidas e tamanhos de células na bandeja. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.3, p.837-840.
- Gomes, J. M.; Brandi, R. M.; Couto, L.; de Lelles, J. G. (1978). Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. *Brasil Florestal*, v. 9, n. 35, p. 18-23.
- Gomes, J. M.; Paiva, H. N. (2004). *Viveiro florestais – propagação sexuada*. 3. Ed. Viçosa: UFV, 116p.

- Guimarães, V. F.; Echer, M. M.; Minami, K. (2002). Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas beterraba. *Horticultura Brasileira*, p. 505-509.
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. Bookman Editora.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Censo Agropecuário 2017*. Quantidade produzida na horticultura, Valor da produção da horticultura, por tipologia, produtos da horticultura, condição do produtor em relação às terras e grupos de atividade econômica.
- Lima, C. J. G. S.; de Oliveira, F. D. A.; de Medeiros, J. F.; de Oliveira, M. K. T.; de Carvalho, D. G. (2009). Avaliação de diferentes bandejas e substratos orgânicos na produção de mudas de tomate cereja. *Revista Ciência Agrônômica*, v.40, n.1, p.123- 128.
- Medeiros, D. C.; Lima, B. A. B.; Barbosa, M. R.; Anjos, R. S. B.; Borges, R. D.; Cavalcante Neto, J. G.; Marques, L. F. (2007). Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 433-436.
- Medical Software Brokstraat. *Digimizer image analysis software, versão 5.3.5. Bélgica*. Disponível em: <<https://www.digimizer.com/>>. Acesso em: 17 abril, 2019.
- Menezes Júnior, F. O. G.; Fernandes, H. S.; Mauch, C. R.; Silva, J. D. (2000). Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.18, n.3, p.164-170.
- Montgomery, D. C.; Peck, E. A.; Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.
- Nascimento Filho, F. J.; Ando, A.; Cruz, C. D.; Garcia, T. B. (1993). Análise de caminhamento em mudas de guaraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 28, n. 4, p. 447-452.
- Nascimento Filho, F. J.; Atroch, A. L.; Cecon, P. R. (2012). Associação entre características da parte aérea e do sistema radicular em mudas de

guaranazeiro por correlações canônicas. *Acta Amazonica*, v. 42, n. 2, p. 241-244.

Nogueira, A. P. O.; Sedyama, T.; Sousa, L. B.; Hamawaki, O. T.; Cruz, C. D.; Pereira, D. G. Matsuo, E. (2012). Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.28, n.6, p.877-888.

Oliveira, A. N.; da Silva, A. C.; da Silva, S. C. R.; Rodrigues, É. A. C. (2006). Variações genéticas para características do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). *Revista Árvore*, v. 30, n. 6, p. 905-909.

Olivoto, T.; de Souza, V. Q.; Carvalho, I. R. C.; Nardino, M.; Follmann, D. N. (2015). Análise de trilha para caracteres relacionados ao crescimento de mudas de pepineiro. *Enciclopédia Biosfera*, v. 11, p. 69-80.

Olivoto, T.; de Souza, V. Q.; Nardino, M.; Carvalho, I. R.; Ferrari, M.; de Pelegrin, A. J.; Szarecki, V. J.; Schmidt, D. (2017). Multicollinearity in path analysis: a simple method to reduce its effects. *Agronomy Journal*, v. 109, n. 1, p. 131-142.

R Development Core Team. *R: a language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

Reghin, M. Y.; Otto, R. F.; Olinik, J. R.; Jacoby, C. F. S. (2007a). Viabilidade do sistema de produção de mudas em bandejas em três cultivares de cebola. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.4, p.1075-1084.

Resende, G. M.; Yuri, J. E.; Mota, J. H.; Souza, R. D.; Freitas, S. D.; Rodrigues Junior, J. C. (2003). Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplântio de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade de alface americana. *Horticultura Brasileira*, v.21, n.3, p.558-63.

Rós, A. B.; Narita, N. (2011). Produção de mudas de batata doce a partir de poucas plantas matrizes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.1, p.85-59.

Sala, F. C.; Costa, C. P. (2012). Retrospectiva e tendência da alfaticultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, Vitoria da Conquista, v. 30, n. 2, p. 187-194.

- Silva, A. C. R.; Fernandes, H. S.; Martins, S. R.; Silva, J. D.; Schiedeck, G.; Armas, E. D. (2000). Produção de mudas de alface com vermicompostos em diferentes tipos de bandeja. *Horticultura Brasileira*, v.18, p.512-13.
- Silva, A. C.; Silva, V. S. G.; Mantovanelli, B. C.; Santos, G. M. (2017). Formação de mudas de alface em diferentes bandejas e substratos. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 15, n. 1, p. 465-471.
- Silva, A. R.; Malafaia, G.; Menezes, I. P. P. (2017). biotools: an R function to predict spatial gene diversity via an individual-based approach. *Genetics and Molecular Research*, v. 16.
- Silva, J. I.; Vieira, H. D.; Viana, A. P.; Barroso, D. G. (2010). Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. *Coffee Science*, v. 5, n. 1, p. 38-48.
- Souza, R. J.; Ferreira, A. A. (1997). Produção de mudas de hortaliças em bandejas: economia de sementes e defensivos. *A Lavoura*, Rio de Janeiro, n. 623, p. 19-21.
- Souza, S. R.; Fontinele, Y. R.; Saldanha, C. S.; Araújo Neto, S. E.; Kusdra, J. F. (2008). Produção de mudas de alface com o uso de substrato preparado com coprólitos de minhoca. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 1, p. 115- 121.
- Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A. (2013a). Multicollinearity in path analysis of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Cereal Science*, v.57, p.453-462.
- Trani, P. E.; Feltrin, D. M.; Pott, C. A.; Schwingel, M. (2007). Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n.2, p. 256-260.
- Venables, W. N.; Ripley, B. D. (2002). *Modern applied statistics with S*. 4th ed. New York: Springer, p. 495.
- Volpato e Barreto (2016). *Estatística sem dor!!!* Botucatu: Best Writing, 2ªedição, p. 160.
- Wien, H. C. (1997). *The physiology of vegetable crops*. Oxon: CABI Publishing.
- Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v. 20, n. 7, p. 557-585.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Duas ou mais variáveis podem estar associadas e entre estas é possível ocorrer uma correlação de modo que modificações em uma resultem em alterações na outra. Esta correlação pode ser utilizada para determinação de qualidade ou para inferir aspectos de variáveis cuja mensuração seja complexa ou destrutiva. Se tratando de experimentação agrícola é importante o planejamento do experimento para que gastos em excesso com tempo e mão-de-obra sejam reduzidos. Além disso, é importante o estabelecimento do tamanho de parcela que seja adequado para que se tenha precisão nos dados do experimento. Com base nessas informações, os objetivos do trabalho foram determinar as relações lineares existentes entre as variáveis biométricas em mudas de alface e estimar o melhor tamanho de parcela e de amostra para mudas de alface em diferentes semi-amplitudes do intervalo de confiança, avaliando-se aspectos biométricos das mudas.

Para isso, as relações entre as variáveis foram determinadas através dos coeficientes de correlações lineares de Pearson. Os efeitos diretos e indiretos foram determinados a partir da análise de trilha e os grupos formados foram variáveis da parte aérea e variáveis de raiz das mudas de alface produzidas em bandejas de 128 e 200 células.

Primeiramente foi estimado o tamanho da parcela e posteriormente o tamanho da amostra foi estimado dentro das parcelas.

No que diz respeito a correlação de Pearson para a bandeja de 128 células, houve relação linear entre as variáveis MFT e MFPA; MFT e MSPA inferindo o aumento de uma variável irá acarretar no aumento da outra. Para a

bandeja de 200 células observou-se correlação positiva e significativa entre os caracteres MFT e MFPA; AR e VR.

Para a análise de trilha na bandeja de 128 células com a variável dependente principal AF, as variáveis que possuíram relação de causa e efeito foram MFT e MSPA. Como variável dependente principal MFPA, a variável que apresentou relação de causa e efeito foi a AF. Para a bandeja de 200 células com a variável dependente principal AF, houve relação de causa e efeito com as variáveis CT e MSPA. Como variável dependente principal MFPA, as variáveis que explicam MFPA são as variáveis CT e MSPA, indicando que elas possuem relação de causa e efeito com MFPA.

Em relação a correlação canônica, em ambas bandejas o grupo de variáveis da parte aérea MSPA foi influenciada pelas variáveis da raiz MSR e MFR com mesma magnitude e sinal, indicando que a diminuição dos valores de MSR e MFR causariam diminuição de MSPA.

Os tamanhos de parcela e de amostra foram diferentes para as variáveis em uma mesma bandeja e em bandejas diferentes.

Assim, as bandejas podem ser divididas em parcelas para o melhor aproveitamento do espaço. Dessa forma, a bandeja de 128 células pode ser dividida em 10 parcelas contendo 12 mudas cada, totalizando 120 mudas, ou pode ser dividida em 8 parcelas com 16 mudas cada para a utilização de toda a bandeja. Já a bandeja de 200 células pode ser dividida em 18 parcelas com 11 mudas cada, totalizando 198 mudas, ou dividida em 10 parcelas com 20 mudas cada para a utilização de toda a bandeja. Porém, já que os resultados obtidos indicam que existem relações lineares entre as variáveis biométricas, seria necessária apenas a avaliação de variáveis da parte aérea, já que elas possuem uma menor variabilidade e são de fácil mensuração quando comparadas com as variáveis da raiz. Dessa forma, diminui-se o trabalho em excesso que teria nas avaliações das variáveis da raiz e ainda se otimiza o espaço das bandejas, montando experimentos com parcelas menores, com mais repetições e com um número de variáveis a serem avaliadas menor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. S.; Vargas, P. F.; Pagassini, J. A. V.; Pedroso, C. P.; Barduco, A. C.; Gomes, T. T. (2015). Produção de mudas de hortaliças como subsídios para segurança alimentar de comunidades carentes. *Anais... 8º Congresso de Extensão universitária da UNESP, Águas de Lindóia-SP*.
- Alves, M. F.; Lotufo, A. D. P.; Lopes, M. L. M. (2013). Seleção de variáveis *stepwise* aplicadas em redes neurais artificiais para previsão de demanda de cargas elétricas. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, v.1, n.1.
- Benincasa, M. M. P. (1988). *Análise de crescimento de plantas*. Jaboticabal: Funep.
- Bezerra Neto, F.; Rocha, R. C. C.; Negreiros, M. D.; Rocha, R. H.; Queiroga, R. D. (2005). Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.189-192.
- Braz, L. T.; Nunes, R. D. C.; Castoldi, R.; Gomes, R. F.; Tosse, D. T. (2014). Levantamento de raças do agente causador do míldio da alface no Estado de São Paulo em 2012 e 2013. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 2, p. S1924-S1931.
- Burdett, A. N. (1979). A nondestructive method for measuring the volume of intact plant parts. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 9, n. 1, p. 120-122.

- Burin, C.; Cargnelutti Filho, A.; Toebe, Alves, B. M; Fick, A. L. (2014). Dimensionamento amostral para a estimação da média e da mediana de caracteres de tremoço branco (*Lupinus albus* L.). *Comunicata Scientiae*, v. 5, n. 2, p. 205-212.
- Bussab, W. O.; Morettin, P. A. (2011). *Estatística básica*. 7. ed. São Paulo: Saraiva.
- Cantliffe, D. J.; Sung, Y.; Nascimento, W. M. (2000). *Lettuce seed germination*. Hort. Rev. (American Society for Horticultural Science), v. 24, p. 229–275.
- Carvalho Filho J. L. S.; Gomes L. A. A.; Maluf, W. R. (2009). Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F4 de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 31, p. 37-42.
- Catapatti, T. R.; Gonçalves, M. C.; Neto, M. R. S.; Sobroza, R. (2008). Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agrônômicos em milho-pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 3, p. 855-862.
- Charnet, R.; Freire, C. D. L.; Charnet, E. M.; Bonvino, H. (2008). *Análise de modelos de regressão linear com aplicações*. Campinas: Unicamp, p. 357.
- Chiatante, D.; Di Iorio, A.; Sarnataro, M.; Scippa, G. S. (2002). Improving vigour assessment of pine (*Pinus nigra* Arnold) seedlings before their use in reforestation. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, v. 136, n. 2, p. 209-216.
- Christopoulou, M.; Wo, S. R. C.; Kozik, A.; McHale, L. K.; Truco, M. J.; Wroblewski, T.; Michelmore, R. W. (2015). Genome-wide architecture of disease resistance genes in lettuce. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, v. 5, n. 12, p. 2655-2669.
- Cochran, W. G. (1977). *The estimation of sample size*. In: COCHRAN, W.G. Sampling techniques. 3.ed. New York: John Willey, p. 72-90.
- Costa, E.; Leal, P. A. M.; Gomes, V. D. A.; Machado, D.; Jara, M. C. D. S. (2010). Biomassa de mudas de pepinos híbridos conduzidos sob ambientes protegidos. *Bragantia*, v. 69, n. 2, p. 381-386.



- Costa, E.; Santo, T. L. E.; Silva, A. P.; Silva, L. E.; Oliveira, L. C.; Benett, C. G. S.; Benett, K. S. S. (2015). Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. *Horticultura Brasileira*, v. 33, p. 110-118.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2003). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV, v. 2, p. 585.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2012). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 514p.
- Favarin, J. L.; Neto, D. D. Garcia, A.; Villa Nova, N. A.; Favarin, M. G. G. V. (2002). Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.6, p.769-773.
- Ferh, W. R. (1987). *Principles of cultivar development*. New York: Mac Millian, v. 1, p. 736.
- Ferreira, D. F. (2011). *Estatística multivariada*. Lavras: Editora UFLA.
- Ferreira, R. L. F.; Araújo-Neto, S. E.; Alves, G. K. E. B.; Simões, A. C.; Boldt, R. H. (2017). Qualidade de mudas e produtividade de rúcula em função de condicionadores de substratos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 13, n. 3, p. 179-186.
- Filgueira, F. A. R. (2008). *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Editora UFV, p. 402
- Freitas, G. A. D.; Silva, R. R. D.; Barros, H. B.; Vaz de Melo, A.; Abrahão, W. A. P. (2013). Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 44, n. 1, p. 159-166.
- Gonçalves, F. C. (1994). *Armazenamento de melão "Pele de Sapo" sob condições ambiente*. Mossoró, 42p, Monografia – Escola Superior de Agricultura de Mossoró.
- Haase, D. L. (2008). Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters Notes*, v. 52, n. 2, p. 24-30.

- Haesbaert, F. M.; Santos, D.; Lúcio, A. D. C.; Benz, V.; Antonello, B. I. (2011). Tamanho de amostra para experimentos com feijão-de-vagem em diferentes ambientes. *Ciência Rural*, v. 41, n. 1, p. 38-44.
- Hair, J. F.; Babin, B.; Money, A. H.; Samouel, P. (2005). *Fundamentos de métodos de pesquisa em administração*. Porto Alegre: Bookman.
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. Bookman Editora.
- Hell, L. R. (2017). *Dimensionamento de amostra e de parcelas na avaliação de mudas de berinjela e jiló*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.
- Hooper, L.; Cassidy, A. (2006). A review of the health care potential of bioactive compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 86, p. 1805–1813.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Censo Agropecuário 2017*. Quantidade produzida na horticultura, Valor da produção da horticultura, por tipologia, produtos da horticultura, condição do produtor em relação às terras e grupos de atividade econômica.
- Jacobs, D. F.; Salifu, K. F.; Seifert, J. R. (2005). Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. *New Forests*, v. 30, n. 2-3, p. 235-251.
- Kline, R. B. (1991). Latent variable path analysis in clinical research: a beginner's tour guide. *Journal of Clinical Psychology*, Montreal, v. 47, n. 4, p. 471-484, July.
- Kosak, M.; Azevedo, R. A. (2011). Does using *stepwise* variable selection to build sequential path analysis models make sense? *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 141, n. 3, p. 197-200.
- Lawlor, D. (1993). *Photosynthesis: Molecular, physiological and environmental processes*. Longman scientific & technical.

- Leal, M. A. A.; Guerra, J. G. M.; Peixoto, R. T. G.; Almeida, D. L. (2007). Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 392-395.
- Li, J. C. R. (1969). *Statistical inference*. Ann Arbop: E. Brothers, p. 658.
- Lopes, S. J.; Storck, L.; Heldwein, A. B.; Feijó, S.; Ros, C. A. (1998). Técnicas experimentais para tomateiro tipo salada sob estufas plásticas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 193-197.
- Lúcio, A. D.; Souza, M. F.; Heldwein, A. B.; Lieberknecht, D.; Carpes, R. H.; Carvalho, M. P. (2003). Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, p.181-185.
- Marques, P. A. A.; Baldotto, P. V.; Santos, A. C. P.; Oliveira, L. (2003). Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 4, p. 649-651.
- Medeiros, D. C.; Lima, B. A. B.; Barbosa, M. R.; Anjos, R. S. B.; Borges, R. D.; Cavalcante Neto, J. G.; Marques, L. F. (2007). Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 433-436.
- Minami, K. (2010). *Produção de mudas de alta qualidade*. Piracicaba, SP: Degaspari.
- Mingoti, S. A. (2005). *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Editora UFMG.
- Moreira, M. F. (2004). *Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro comum em função da distribuição e do teor de fósforo no solo*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Morrison, D. F. (1978). *Multivariate statistical methods*. 2.ed. Tokyo: McGraw Hill, 415p.
- Paranaíba, P. F.; Ferreira, D. F.; de Moraes, A. R. (2009). Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 27, n. 2, p. 255-268.

- Peiretti, D. A.; Biderbost, E. B.; Carreras, J. J.; Nazar, M. C. (1990). Tamaño y forma de la parcela experimental de ajo (*Allium sativum* L.). *AgriScientia*, v. 7, n. 1, p. 45-48.
- Pereira, A. R.; Villa Nova, N. A.; Sedyama, G. C. (1997). *Evapotranspiração*. Piracicaba: FEALQ, 183 p.
- Ramalho, M. A. P.; Ferreira, D. F.; Oliveira, A. C. (2000). *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. Lavras: UFLA, p. 326.
- Reghin, M. Y.; Otto, R. F.; Olinik, J. R.; Jacoby, C. F. S. (2007). Produtividade da chicória (*Cichorium endivia* L.) em função de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 3, p. 739-747.
- Reis, A.; Mendes, A. M. S.; Silva, A. F.; de Oliveira, A. R.; de Faria, C. M. B.; Terao, D.; Silva, D. J.; Batista, D. C.; Teixeira, F. A.; Souza, F. F.; de Resende, G. M.; Barbosa, G. S.; de Alencar, J. A.; dos Anjos, J. B.; e Castro, J. M. C.; Alves, J. C. S. F.; Damaceno, L. S.; de Queiroz, M. A.; Calgaro, M.; Braga, M. B.; Barbosa, M. A. G.; de Lima, M. A. C.; Lima, M. F.; Costa, N. D.; Correia, R. C.; de Souza, R. N. C.; Dias, R. C. S.; Cunha, T. J. F. (2010). *Sistema de produção de melancia*. Embrapa Semiárido: Sistema de Produção, 6. ISSN: 1807-0027. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/producaodemudas.htm#precipitacao>. Acesso em: 04 set. 2018.
- Reis, E. R. dos. (2004). Qualidade de mudas. In: Hoppe, J. M.; Genro, C. J. M.; Vargas, C. O.; Floriano, E. P.; Reis, E. R. dos; Fortes, F. de O.; Müller, I.; Farias, J. A. de.; Calegari, L.; Dacosta, L. P. E. *Produção de sementes e mudas florestais*. Santa Maria: Caderno didático n. 1, 2ª ed, p. 244-245.
- Rigney, M. P.; Kranzler, G. A. (1997). Machine vision for conifer seedling quality control. *New Forests*, v. 13, n. 1-3, p. 51-62.
- Scarpate Filho, J. A. Mudanças de frutíferas de alta qualidade. In: Tessarioli Neto, J.; Minami, K. (1994). *Produção de mudas hortícolas de alta qualidade*. Piracicaba: ESALQ; Sebrae, p. 16-21.

- Smiderle, O.J.; Salibe, A.B.; Hayashi, A.H.; Minami, K. (2001). Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e plantmax. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 3, p. 253-257.
- Souza, A. M. B.; Lira, M. S.; Junior, L. B. B.; Bandeira, A. C.; Simonetti, E. R. (2017). Avaliação de substratos alternativos na produção de mudas de repolho em casa de vegetação no extremo norte do Tocantins. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, v. 1, n. 1.
- Souza, M. F.; Lucio, A.; Storck, L.; Carpes, R.; Santos, P.; Siqueira, L. (2002). Tamanho da amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 8, n. 2.
- Souza, M. S.; Alves, S. S. V.; Dombroski, J. D.; Freitas, J. D. B.; Aroucha, E. M. M. (2012). Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n. 2, p. 241-245.
- Souza, R. J.; Ferreira, A. A. (1997). Produção de mudas de hortaliças em bandejas: economia de sementes e defensivos. *A Lavoura*, Rio de Janeiro, n. 623, p. 19-21.
- Souza, T. V. (2013). *Aspectos estatísticos da análise de trilha (path analysis) aplicada em experimentos agrícolas*. Dissertação, Universidade Federal de Lavras.
- Storck, L.; Garcia, D. C.; Lopes, S. J.; Estefanel, V. (2000). *Experimentação vegetal*. Santa Maria: UFSM.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H.; Dickey, D. A. (1997). *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw-Hill, p. 666.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1960). *Principles and procedures of statistics*. Nova York: McGraw-Hill, p. 481.
- Tessarioli Neto, J.; Minami, K. (1994). *Produção de mudas hortícolas de alta qualidade: cursos agrozootécnicos*. Piracicaba: ESALQ, p. 155.
- Thompson, B. E. (1985). *Seedling morphological evaluation—what you can tell by looking*.

- Toebe, M.; Bandeira, C. T.; Fortes, S. K. G.; Carvalho, J.; Tartaglia, F.; Tambara, A. L.; Melo, P. (2017). Dimensionamento amostral e associação linear entre caracteres de *Crotalaria spectabilis*. *Bragantia*, v. 76, n. 1, p. 45-53.
- Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A. (2013a). Multicollinearity in path analysis of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Cereal Science*, v.57, p.453-462.
- Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A. (2013b). Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, p.466-477.
- Trani, P. E.; Novo, M. C. S. S.; Cavallaro Júnior, M. L.; Telles, L. M. G. (2004). Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.290-294.
- Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v. 20, n. 7, p. 557-585.
- Zimmer, J.; Anzanello, M. J. (2014). Um novo método para seleção de variáveis preditivas com base em índices de importância. *Produção*, v.24, n.1, p.84-93.