

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANDRIELLY MARIA KLUCZKOWSKI

POTENCIAL PRODUTIVO DA CULTURA DA BATATA PROVENIENTE DE  
MINITUBÉRCULOS E MICROTUBÉRCULOS AEROPÔNICOS

PONTA GROSSA - PR

2020

ANDRIELLY MARIA KLUCZKOWSKI

POTENCIAL PRODUTIVO DA CULTURA DA BATATA PROVENIENTE DE  
MINITUBÉRCULOS E MICROTUBÉRCULOS AEROPÔNICOS

Dissertação de Mestrado apresentada  
junto ao Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia, da Universidade Estadual de  
Ponta Grossa, Área de Concentração:  
Agricultura. Linha de Pesquisa:  
Fisiologia, Melhoramento e Manejo de  
Culturas

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Ricardo Antonio  
Ayub.

PONTA GROSSA - PR  
2020

**Ficha Catalográfica**  
**Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG**

|     |  |
|-----|--|
| K66 | <p>Kluczkowski, Andrielly Maria</p> <p>Potencial produtivo da cultura da batata proveniente de minitubérculos e microtubérculos aeropônicos / Andrielly Maria Kluczkowski. Ponta Grossa, 2020. 76 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub.</p> <p>1. Solanum tuberosum. 2. Microtubérculos. 3. Minitubérculos. 4. Aeroponia. 5. Tamanho de batata-semente. I. Ayub, Ricardo Antonio. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Agricultura. III.T.</p> <p style="text-align: right;">CDD: 633</p> |
|-----|--|

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

Título da Dissertação: **“Potencial produtivo da cultura da batata proveniente de minitubérculos e microtubérculos aeropônicos.”**

Nome: **Andrielly Maria Kluczkowski**

Orientador: **Ricardo Antonio Ayub**

**Aprovado pela Comissão Examinadora:**

Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub

Dr. Elcio Hirano

Profª Drª Amanda Regina Godoy Baptistão

Ponta Grossa 13, de agosto de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Antonio Ayub, Professor(a)**, em 13/08/2020, às 18:27, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Regina Godoy Baptista, Professor(a)**, em 14/08/2020, às 10:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Elcio Hirano, Usuário Externo**, em 14/08/2020, às 14:44, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0252902** e o código CRC **DE41FC5C**.



---

20.000022431-9

0252902v4

À Deus, que foi o meu refúgio nos momentos de angústias e incertezas.  
Ao meu marido, que com tanto amor sempre me apoiou em tudo.  
E à minha família pelo amor, carinho e apoio para vencer mais esta etapa.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente por me presentear com o dom da vida e por me permitir concluir mais esta fase da minha vida com saúde e principalmente, por seu meu refúgio e minha fortaleza em todos os momentos de ansiedade, me dando força para prosseguir e alento para o meu coração nos momentos de dúvidas e incertezas.

Ao meu marido Felipe Costa Conceição, porque sempre me apoiou em todas as minhas decisões, suportando meu estresse e minhas angústias e compreendendo a minha ausência em certos momentos, sendo meu apoio emocional com muito amor e carinho, não me deixando desistir mesmo quando a vontade era enorme.

À minha família, principalmente ao meu pai Sergio Kluczkowski e à minha mãe Ondina Doria Kluczkowski que dentre todas as coisas que me ensinaram com tanto amor, a mais importante é de que o certo é seguir sempre pelo caminho do bem, e que os verdadeiros valores da vida não estão em bens materiais, mas sim em tudo que vivemos e aprendemos ao longo da jornada da vida. Aos meus irmãos Sergio Leandro e Cleison Luis, às minhas cunhadas Monica e Elisangela, às minhas sobrinhas Nathália, Yasmin e Larissa e ao meu sobrinho Otávio porque me ensinam todos os dias o verdadeiro valor de uma família unida.

Ao meu orientador Ricardo Antonio Ayub, pela paciência em me orientar com muita sabedoria e dedicação compartilhando comigo conhecimento e me ajudando a trilhar o caminho para que eu conseguisse chegar até aqui.

Aos meus professores que durante esta fase de Mestrado compartilharam seus conhecimentos, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Elcio Hirano e Prof<sup>a</sup> Dra. Amanda Regina Godoy Baptistão, por suas considerações e correções valiosíssimas que contribuíram muito com esta dissertação.

Ao curso que me proporcionou a oportunidade de entrar no programa, mesmo eu sendo bióloga, em especial à professora Carolina Weigert Galvão que desde o início, foi muito além de uma vice coordenadora, me motivando a continuar e concluir esta etapa da minha vida.

Aos meus chefes Tsutomu Massuda, Osmar Tadashi Okubo e Roberto Ryuiti Koike, por apoiarem a minha escolha e por me proporcionarem o tempo necessário para que eu pudesse cursar o Mestrado, nunca questionando as minhas ausências, em especial ao Sr. Tsutomu Massuda porque é muito mais do que um chefe, é um

amigo que me aconselha sempre, e compartilha comigo toda a sua sabedoria e experiência de vida, me motivando e me apoiando em todas as minhas decisões, me ajudando a buscar sempre o melhor pra mim.

À minha equipe de trabalho que respeitou a minha ausência com muita paciência, sem ela eu não conseguiria concluir esta etapa da minha vida.

Aos produtores das fazendas onde os experimentos foram instalados Roberto Koike e Osmar Tadashi Okubo por cederem espaço em suas lavouras, e ao pessoal do campo que ajudaram a conduzir os experimentos com muita dedicação, Antonio e Juarez Gardinal, e Antonio Carlos Machado.

Aos produtores das estufas onde as batatas-sementes foram produzidas, Wilson Hiroshi Sasaki, Ronaldo Yassuyuki Koike e Edson Shigueo Hashimoto, por compartilharem a metodologia e toda a experiência de produção utilizando aeroponia.

Às minhas amigas do mestrado, Isabella Pessenti que me ajudou com a leitura das variáveis fisiológicas do experimento I, e à Daiane Hyeda que me ajudou com a leitura das variáveis fisiológicas do experimento II e com as análises estatísticas. Enfim, à todas as minhas amigas e amigos que torceram, me motivaram e me apoiaram durante todo esse tempo de curso, e àqueles que não me deixaram desistir.

À todas as pessoas que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, e que acreditaram que esse dia chegaria. Muito obrigada.

À Universidade pelo sistema público, gratuito e de qualidade, e por oferecer a estrutura necessária para a formação de diversos profissionais, proporcionando crescimento pessoal e profissional, habilitando-os para o mercado de trabalho e de pesquisas.



“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos”.  
(Eleanor Roosevelt)

## RESUMO

A batata (*Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum*) é uma hortaliça de grande relevância e comumente propagada de forma vegetativa, utilizando-se o próprio tubérculo que é denominado como batata-semente, sendo um insumo de substancial importância. Propagações sucessivas a campo causam degenerescência da batata-semente, reduzindo seu potencial produtivo. Neste contexto, métodos de multiplicação em ambiente protegido tem aumentado a rapidez e mitigado a degenerescência, entre os vários métodos, a aeroponia vem demonstrando alta eficiência na produção, entretanto, a literatura disponível ainda não é conclusiva com relação ao potencial produtivo dos tamanhos e massas das batatas-sementes. Por essa razão, o objetivo desse estudo foi mensurar o potencial produtivo da cultura da batata, cultivar Atlantic, proveniente de batata-semente aeropônica de diferentes tamanhos e massas, e também daquelas multiplicadas a campo. Os experimentos I e II, constaram de 7 tratamentos classificados conforme as massas das batatas-sementes. Ambos os experimentos foram arranjados em delineamento com blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 28 unidades experimentais, em espaçamento de 80 cm entre linhas e 15 cm entre plantas na linha, com profundidade de plantio de 3 cm. No experimento I, não foram encontradas diferenças significativas, para as variáveis índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plantas aos 50 e 81 dias após o plantio (AP 50 DAP e AP 81 DAP), quando se utilizou batatas-sementes com massas de 7 a 50 g; número de hastes por tubérculo (NHT) oriundas das batatas-sementes com massas de 5 a 50 g; número de tubérculos por planta (NTP) provenientes de batatas-sementes com massas de 1 a 50 g. A massa de tubérculos por planta (MTP) e a produtividade (PROD) diminuíram consideravelmente quando se utilizou batatas-sementes com massas inferiores a 15 g. No experimento II, não foram encontradas diferenças significativas, para as variáveis IVE quando se utilizou batatas-sementes aeropônicas com massas entre 7 e 50 g; AP 50 DAP em plantas oriundas de batatas-sementes aeropônicas com massas de 5 a 50 g; o NHT oriundas das batatas-sementes aeropônicas com massas de 25 a 50 g e 7 a 25 g, e entre os microtubérculos com massas < 1g e os tubérculos de primeira geração (G1) com massas de 25 a 50 g; Para a variável MTP a diferença significativa foi encontrada quando se utilizou minitubérculos com massas de 1 a 5 g e microtubérculos com massas < 1 g, entre as batatas-sementes aeropônicas com massas de 25 a 50 e 5 a 15 g não foram encontradas diferenças significativas. A produtividade foi melhor quando se utilizou batatas-sementes aeropônicas com massas de 5 a 15 g e 25 a 50 g, pois não apresentaram diferenças significativas. Microtubérculos (0,5 a 1,0 g e < 0,5 g – experimento I; < 1,0 g – experimento II) provenientes de aeroponia reduziu significativamente o desenvolvimento da cultura da batata cultivar Atlantic, e conseqüentemente sua produtividade, bem como os tubérculos G1 que sofreram degenerescência nas primeiras propagações à campo. O menor tamanho de batata-semente seguro para o produtor, e que garanta um estabelecimento de lavoura adequado e conseqüentemente uma boa produtividade, são os minitubérculos com massas de 5 a 7 g, para tanto, mais estudos devem ser realizados para que os minitubérculos < 5 g e os microtubérculos possam ser utilizados pelos produtores com segurança.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum*, microtubérculos, minitubérculos, aeroponia, tamanho de batata-semente.

## ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum* L. subsp. *Tuberosum*) is a vegetable of great relevance and commonly propagated in a vegetative way, using the tuber itself which is called seed potato, being an input of substantial importance. Successive propagations in the field cause seed potato degeneration, reducing its productive potential. In this context, multiplication methods in a protected environment have increased speed and mitigated degeneration. Among the various methods, aeroponics has been showing high efficiency in production. However, the available literature is not yet conclusive regarding the productive potential of sizes and masses of seed potatoes. For this reason, the objective of this study was to measure the productive potential of the potato crop, Atlantic cultivar, from aeroponic seed potatoes of different sizes and masses, and also of those multiplied in the field. Experiments I and II, consisted of 7 treatments classified according to the masses of seed potatoes. Both experiments were arranged in a randomized block design, with 4 replications, totaling 28 experimental units, with a spacing of 80 cm between rows and 15 cm between plants in the row, with a planting depth of 3 cm. In experiment I, no significant differences were found for the variables emergence speed index (IVE) and plant height at 50 and 81 days after planting (AP 50 DAP and AP 81 DAP), when seed potatoes with masses from 7 to 50 g; number of stems per tuber (NHT) from seed potatoes with masses from 5 to 50 g; number of tubers per plant (NTP) from seed potatoes with masses from 1 to 50 g. The tuber mass per plant (MTP) and productivity (PROD) decreased considerably when seed potatoes with masses below 15 g were used. In experiment II, no significant differences were found for the IVE variables when using aeroponic seed potatoes with masses between 7 and 50 g; AP 50 DAP in plants from aeroponic seed potatoes with masses from 5 to 50 g; NHT from aeroponic seed potatoes with masses from 25 to 50 g and 7 to 25 g, and between microtubers with masses <1g and first generation tubers (G1) with masses from 25 to 50 g; For the MTP variable, the significant difference was found when using minitubers with masses from 1 to 5 g and microtubers with masses <1 g, between aeroponic seed potatoes with masses from 25 to 50 and 5 to 15 g, no significant differences were found. Productivity was better when using aeroponic seed potatoes with masses of 5 to 15 g and 25 to 50 g, as they did not present significant differences. Microtubers (0.5 to 1.0 g and <0.5 g - experiment I; <1.0 g - experiment II) from aeroponics significantly reduced the development of the potato cultivar Atlantic, and consequently its productivity, as well as the G1 tubers that suffered degeneration in the first propagations to the field. The smallest size of seed potatoes that is safe for the producer, and that guarantees an adequate tillage establishment and consequently good productivity are the minitubers with masses from 5 to 7 g, therefore, more studies must be carried out so that the minitubers <5 g and microtubers can be used by producers with safety.

**Key words:** *Solanum tuberosum*, microtubers, minitubers, aeroponia, seed tuber size.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Dados climáticos do município de Castro/PR. Precipitação pluvial ocorrida durante o período experimental (março a junho de 2019) no Tabor, e temperaturas médias. ....31
- Figura 2 – Croqui da área experimental. Fazenda Marão, localizada no Tabor, distrito rural do município de Castro/PR, 2019. ....33
- Figura 3 – Dados climáticos do município de Castro/PR. Precipitação pluvial ocorrida durante o período experimental (outubro/2019 a fevereiro/2020) no Maracanã, e temperaturas médias. ....40
- Figura 4 – Croqui da área experimental. Fazenda Karimas, Maracanã, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.....42

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

- Fotografia 1 – Plantio da área experimental no dia 26 de março de 2019. Fazenda Marão, localizada no Tabor, Castro/PR, 2019. ....36
- Fotografia 2 – Área experimental no dia 12 de maio de 2019. Fazenda Marão, localizada no Tabor, Castro/PR, 2019. ....37
- Fotografia 3 – Dia da colheita da área experimental, 29 de junho de 2019. Fazenda Marão, localizada no Tabor, Castro/PR, 2019. ....38
- Fotografia 4 – Avaliações fisiológicas utilizando o medidor de gases por infravermelho. ....39
- Fotografia 5 – Plantio da área experimental no dia 05 de outubro de 2019. Fazenda Karimas, Maracanã, Castro/PR, 2019.....44
- Fotografia 6 – Plantas previamente demarcadas no centro da área útil para as análises. Fazenda Karimas, Maracanã, Castro/PR, 2019.....45
- Fotografia 7 – Área experimental no dia 23 de novembro de 2019. Fazenda Karimas, Maracanã, Castro/PR, 2019.....45
- Fotografia 8 – Dia da colheita da área experimental, 09 de fevereiro de 2020. Fazenda Karimas, Maracanã, Castro/PR, 2019.....46
- Fotografia 9 – Área experimental no dia 28 de dezembro de 2019 (85 DAP) data das avaliações fisiológicas. Fazenda Karimas, Maracanã, Castro/PR, 2019. ....47

## LISTA DE TABELAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabela 1 – | Características químicas do solo da área experimental classificado com Latossolo vermelho (EMBRAPA, 2020). Castro, 2019. ....  | 31 |
| Tabela 2 – | Tratamentos utilizados no Experimento I. ....  | 32 |
| Tabela 3 – | Tratamentos utilizados no Experimento II. ....   | 40 |
| Tabela 4 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia após o plantio (AP 50 DAP), altura de planta no 81º dia (AP 81 DAP) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. .... | 48 |
| Tabela 5 – | Índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia (AP 50 DAP) (cm), altura de planta no 81º dia (AP 81 DAP) (cm) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....  | 49 |
| Tabela 6 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....  | 51 |
| Tabela 7 – | Número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....  | 51 |
| Tabela 8 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (gs), e concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....   | 53 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabela 9 –  | Taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (gs), e concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....  | 54 |
| Tabela 10 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA), eficiência de carboxilação instantânea (ECi), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....  | 55 |
| Tabela 11 – | Taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação instantânea (ECi), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....   | 56 |
| Tabela 12 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia (AP 50 DAP), altura de planta no 71º dia (AP 71 DAP) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. .... | 57 |
| Tabela 13 – | Índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia (AP 50 DAP), altura de planta no 71º dia (AP 71 DAP) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....   | 58 |
| Tabela 14 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....   | 60 |
| Tabela 15 – | Número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....  | 60 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabela 16 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de assimilação líquida de carbono (A) e condutância estomática (gs), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. .... | 63 |
| Tabela 17 – | Taxa de assimilação líquida de carbono (A) e condutância estomática (gs), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....   | 63 |
| Tabela 18 – | Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. ....               | 64 |
| Tabela 19 – | Taxa de transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.....  | 64 |



## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                   | <b>18</b> |
| 2.1      | CULTURA DA BATATA .....   | 18        |
| 2.2      | PRODUÇÃO DE BATATA-SEMENTE.....                                     | 22        |
| 2.3      | TAMANHO OU MASSA DA BATATA-SEMENTE.....                             | 26        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                      | <b>30</b> |
| 3.1      | EXPERIMENTO I.....  | 30        |
| 3.1.1    | Localização e caracterização experimental .....                     | 30        |
| 3.1.2    | Tratamentos e delineamento experimental.....                        | 32        |
| 3.1.3    | Obtenção das mudas de batata.....                                   | 33        |
| 3.1.4    | Obtenção de minitubérculos e microtubérculos.....                   | 35        |
| 3.1.5    | Condução experimental.....  | 35        |
| 3.2      | EXPERIMENTO II.....   | 39        |
| 3.2.1    | Localização e caracterização experimental .....                     | 39        |
| 3.2.2    | Tratamentos e delineamento experimental.....                        | 40        |
| 3.2.3    | Obtenção das mudas de batata.....                                   | 42        |
| 3.2.4    | Obtenção de minitubérculos e microtubérculos.....                   | 43        |
| 3.2.5    | Condução experimental.....  | 44        |
| 3.3      | ANÁLISE ESTATÍSTICA.....  | 47        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                 | <b>48</b> |
| 4.1      | EXPERIMENTO I.....  | 48        |
| 4.2      | EXPERIMENTO II.....   | 57        |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÕES .....</b>   | <b>66</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>67</b> |
|          | <b>ANEXO A – OBTENÇÃO DE MUDAS .....</b>                            | <b>75</b> |
|          | <b>ANEXO B – OBTENÇÃO DE MINITUBÉRCULOS E MICROTUBÉRCULOS .....</b> | <b>76</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana acarreta aumento na demanda de alimentos, exercendo conseqüentemente pressão sobre a agricultura, desafiando os agricultores a produzirem mais com os mesmos ou com menos recursos (DEVAUX *et al.*, 2020).

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um tubérculo importante para a alimentação humana, encontrando-se entre os principais cultivos mundiais (TAPYA Y FIGUEROA *et al.*, 2017). Produzida em mais de 165 países (FAO, 2018) com climas temperados, subtropicais e tropicais, demonstra a sua versatilidade e a capacidade adaptativa a diversas condições edafoclimáticas (WOOD; CARRAGHER; DAVIS, 2017; KROSCHEL *et al.*, 2020), desenvolvendo-se rapidamente para alimentar populações em crescimento (WOOD; CARRAGHER; DAVIS, 2017).

Um hectare da cultura de batata pode render de duas a quatro vezes mais que culturas de grãos, produzindo mais alimento por unidade de área do que qualquer outra cultura (CIP, 2020). Trata-se de um alimento saudável em dietas nutritivas e equilibradas, em razão de ser excelente fonte de amido, proteína, vitamina C e cálcio (DEVAUX *et al.*, 2020).

A maioria das batatas do gênero *Solanum* que produzem tubérculos comestíveis, originaram-se nas regiões altiplanas da Cordilheira dos Andes (LOPES *et al.*, 2011). A domesticação da batata ocorreu há cerca de 10.000 anos na Bacia do Lago Titicaca, onde as espécies consumidas provavelmente eram selvagens com alto teor de glicoalcaloides, podendo causar intoxicação nos humanos, porém acredita-se que os tubérculos eram tratados para evitar toxicidade através de um processo de secagem e trituração (BURGOS *et al.*, 2020).

Na década de 40, a produtividade média brasileira de batata era de apenas 4,95 t ha<sup>-1</sup> (PEREIRA, 2011), atualmente alcança em torno de 31,18 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2018). Aumento influenciado por diversos fatores, todavia, o principal foi a disponibilidade e viabilidade de utilização de batata-semente de alta qualidade, associado à introdução de novas variedades (PEREIRA, 2011).

A propagação da cultura da batata no geral é vegetativa, utilizando-se tubérculos (FORTES; PEREIRA, 2003; KAWAKAMI *et al.*, 2003; TIerno *et al.*, 2014; BUCKSETH *et al.*, 2016; RYKACZEWSKA, 2016; UCHENDU *et al.*, 2016; SILVA FILHO *et al.*, 2018a; FORBES *et al.*, 2020; TUNIO *et al.*, 2020). As sementes

verdadeiras da batata ou botânicas têm importância apenas para trabalhos de melhoramento, pois são produzidas em pequenas quantidades e apresentam alta variabilidade genética (FORTES; PEREIRA, 2003). Dessa forma, a batata-semente é a unidade que merece atenção especial, pois sua qualidade repercute em toda a cadeia produtiva (PAES; SILVA, 2003).

No entanto, a propagação convencional vegetativa por meio de tubérculos por ciclos sucessivos reduz seu potencial produtivo, em virtude da degenerescência (HIRANO, 2003; FACTOR *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2011, BUCKSETH *et al.*, 2016; FORBES *et al.*, 2020), causada pelo acúmulo de patógenos como vírus, bactérias e fungos, que serão transmitidos para as gerações futuras (FORTES; PEREIRA, 2003; TAPYA Y FIGUEROA *et al.*, 2017). Assim, a qualidade da batata-semente é fundamental no aumento da produtividade da cultura (TESSEMA *et al.*, 2017), sendo necessário introduzir novo material de propagação a cada novo ciclo de plantio (FACTOR *et al.*, 2007; TAPYA Y FIGUEROA *et al.*, 2017).

Dessa maneira, a utilização de tubérculos de tamanhos e/ou massas menores torna-se uma alternativa eficaz, pela rápida multiplicação em um curto período de tempo (TAPYA Y FIGUEROA *et al.*, 2017), reduzindo os sucessivos ciclos de multiplicações de batata-semente no campo (RYKACZEWSKA, 2016), além da facilidade no armazenamento, manuseio, transporte e distribuição (RANALLI *et al.*, 1994; RODRIGUES-OTUBO *et al.*, 1999; WRÓBEL, 2015; RYKACZESKA, 2016; UCHENDU *et al.*, 2016; MORENO; OROPEZA, 2017; HOSSAIN *et al.*, 2017; HOSSAIN *et al.*, 2019).

Ante o exposto, e devido, principalmente, à falta de informação sobre o desempenho de diferentes categorias de batatas-sementes na região dos Campos Gerais do Paraná, município de Castro, o trabalho teve como objetivo principal mensurar o potencial produtivo da cultura da batata, cultivar Atlantic, proveniente de batata semente aeropônica de diferentes tamanhos e massas, e também daquelas multiplicadas a campo, tendo como hipóteses: I – batatas sementes oriundas de aeroponia pertencentes a diferentes padrões de tamanhos e massas, proporcionam diferenças quanto à emergência das plântulas e estabelecimento da lavoura; II – batatas sementes aeropônica pertencentes a diferentes categorias de tamanhos e massas proporcionam produtividades semelhantes? e III – categoria convencional de batata-semente proveniente de multiplicação a campo apresenta o mesmo potencial produtivo daquela produzida por aeroponia?

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DA BATATA

O centro de origem da cultura da batata e de domesticação estão localizados nas adjacências do lago Titicaca, nos Andes da América do Sul, mais precisamente do sul do Peru ao norte da Bolívia, onde foram encontrados restos arqueológicos de batata e de outra cultura de tubérculos datados há mais de 8.000 anos, por meio da utilização de carbono radioativo (FILGUEIRA, 2013).

Acredita-se que a batata foi encontrada pela primeira vez em 1532 no Peru, e foi levada para a Europa no século XVI (HAWKES; FRANCISCO-ORTEGA, 1993). Em 1845, todas as lavouras de batata da Irlanda foram atingidas pela doença chamada de requeima, provocada pelo fungo *Phytophthora infestans*, que causou um período de fome trágica matando milhões de irlandeses (CHOER, 2003). Quando a fome assolou grande parte da Europa, a batata ficou conhecida como uma cultura de segurança alimentar, sendo assim designada até os dias atuais (LE VAYER, 2017).

Pertencente à família *Solanaceae*, a batata é uma dicotiledônea do gênero *Solanum*, o qual abarca mais de 2.000 espécies, porém pouco mais de 150 são produtoras de tubérculos. Dentre todas as espécies cultivadas, a mais importante é a espécie *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* (FORTES; PEREIRA, 2003), cultivada em 165 países (FAO, 2018). O gênero *Solanum* é compartilhado com outras plantas de importância econômica, como tomate, berinjela, tabaco, petúnia e pimenta (VISSER *et al.*, 2009).

Taxonomicamente, por possuir alto grau de heterozigose, a classificação da batata decorre do grau de ploidia, referindo-se ao número de cromossomos presentes no núcleo celular, podendo ser diploide, triploide, tetraploide e pentaploide (FORTES; PEREIRA, 2003). O gênero *Solanum* apresenta cerca de 74% das espécies diploides, na maioria incompatíveis, 4,5% são triploides e 11,5% tetraploides ( $2n= 4X =48$ ), encontrando-se dentro desta última a espécie *Solanum tuberosum* (SPOONER *et al.*, 2007). Tal fato dificulta a análise genética das batatas, e apesar de muitas características agrônomicas qualitativas e quantitativas ainda não serem bem conhecidas, espécies selvagens podem ser cruzadas com batata comum, conferindo às novas variedades resistência a pragas e doenças e tolerâncias a geadas e a secas (VISSER *et al.*, 2009).

A planta da batata mede entre 50 e 70 cm, podendo chegar a 150 cm. O caule é dividido em duas partes: uma aérea e outra subterrânea. A parte aérea possui coloração predominantemente verde, podendo ser arroxeadada ou pigmentada, com folhas bem desenvolvidas, número de hastes é variável e depende da idade fisiológica da batata-semente, das condições climáticas, brotações, entre outros. As hastes que se originam diretamente do tubérculo são denominadas principais e quando têm origem a partir destas são denominadas secundárias.

A parte subterrânea do caule é de coloração branca com gemas que originam ramificações denominadas estolões (rizomas), que por sua vez terminam em uma porção engrossada, o resultado do intumescimento destas extremidades é denominado tubérculo (FORTES; PEREIRA, 2003) que é um caule modificado no qual ocorre acúmulo de amido em plastídeos especiais, os amiloplastos (FIGUEIREDO-RIBEIRO; CHU; ALMEIDA, 2013). O tubérculo é o órgão de armazenamento de reservas, e também utilizado para a reprodução vegetativa da planta. O formato do tubérculo pode ser redondo, ovalado, achatado ou alongado dependendo da variedade cultivada. Estruturalmente o tubérculo é formado pela periderme, córtex, anel de feixes vasculares e medula (FORTES; PEREIRA, 2003).

As raízes podem ser adventícias quando oriundas da batata-semente, e pivotantes quando oriundas de sementes verdadeiras (botânicas). As folhas são distribuídas alternadamente no caule aéreo apresentando vários tons de verde, podendo ou não ser pilosas, são compostas e formadas por folíolos irregulares. A inflorescência é do tipo cimeira, as flores são hermafroditas e se localizam na extremidade superior do caule. A coloração das flores pode ser branca, rosada ou arroxeadada, manifestando as quatro partes essenciais: cálice, corola, androceu (estames) e gineceu (pistilo). O fruto da batata é do tipo baga, bilocular, geralmente arredondado, de cor verde ou parda, com diâmetro de 1 a 3 cm, pode chegar a conter mais de 200 sementes por fruto (FORTES; PEREIRA, 2003).

O ciclo da cultura da batata consta dos seguintes estádios fenológicos: I – Brotação à pré-emergência, dependendo das condições ambientais este estágio pode variar de sete a dez dias (NICK; BORÉM, 2017), os brotos se desenvolvem a partir da batata-semente, emergindo através do solo, então as raízes começam a se desenvolver (SILVA; LOPES, 2015); II – Crescimento vegetativo: este estágio se estende de 28 a 35 dias (NICK; BORÉM, 2017), período no qual a parte aérea da planta é formada e os estolões se desenvolvem a partir das gemas das batatas-

sementes (SILVA; LOPES, 2015); III – Início da tuberização: inicia-se aos 56 e vai até os 70 dias após a emergência (DAE) das plântulas (NICK; BORÉM, 2017), quando inicia o armazenamento do amido em células que se expandem nas extremidades dos estolões formando os tubérculos (SOUZA, 2003); IV – Enchimento dos tubérculos: decorre entre 84 aos 98 DAE (NICK; BORÉM, 2017), quando ocorre a finalização do desenvolvimento da folhagem e intensificação do armazenamento de amido, aumentando o tamanho dos tubérculos (SILVA; LOPES, 2015). Este estágio é marcado pela parada no crescimento do estolão e intumescimento radial da região subapical deste, devido ao alongamento e divisões celulares (FIGUEIREDO-RIBEIRO; CHU; ALMEIDA, 2013); V – Maturação e senescência: dos 98 aos 112 DAE (NICK; BORÉM, 2017), período no qual os fotoassimilados são direcionados aos tubérculos, até o máximo acúmulo de fitomassa seca, ocorrendo a senescência da parte aérea, culminando com seu secamento completo, enquanto a periderme dos tubérculos ganha firmeza e as gemas tornam-se dormentes (SOUZA, 2003; SILVA; LOPES, 2015).

A batata é uma das culturas alimentares mais importantes do mundo (TAPYA Y FIGUEROA *et al.*, 2017), ocupando, em termos de consumo humano, a terceira posição, depois do arroz e do trigo, sendo a primeira commodity não grão. Atualmente existem mais de 4.000 variedades comestíveis de batata, e também mais de 180 espécies selvagens, encontradas principalmente nos Andes da América do Sul.

Consumida por mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo (CIP, 2020), fornece aos seres humanos não só carboidratos (principalmente na forma de amido), mas também vitaminas (C, A, B1, B2, B5 e B6) (DEVAUX *et al.*, 2020; BURGOS *et al.*, 2020), proteína rica nos aminoácidos lisina, metionina, treonina e triptofano em níveis que ultrapassam os recomendados aos seres humanos, além de ser fonte de minerais, como potássio, fósforo, magnésio e cálcio, comprovando sua alta qualidade (BURGOS *et al.*, 2020).

A batata é também fonte de compostos antioxidantes, como a luteína e a zeaxantina, da mesma forma que produz glicoalcaloides, tais como a solanina e a chaconina, os quais em altas concentrações tornam-se tóxicos aos seres humanos por afetarem o sistema nervoso central e romperem membranas gastrointestinais, no entanto, em baixas concentrações inibem o crescimento de células cancerígenas (BURLINGAME; MOUILLE; CHARRONDIERE, 2009; FRIEDMAN, 2015; BURGOS *et al.*, 2020). Neste contexto, Wood, Carragher e Davis (2017) advertem que, para

aumentar o consumo no futuro, torna-se necessário conhecer o conteúdo nutricional da batata e compreender seus benefícios. Em adição, Devaux *et al.* (2020), acrescentam a necessidade de se atentar para sistemas sustentáveis e ecologicamente corretos de produção.

A China é o maior produtor mundial de batata por cultivar maior área (4.813.542 ha), por conseguinte, obtém maior produção (90.321.442 toneladas), contudo, sua produtividade é de 18,76 t ha<sup>-1</sup>. Austrália, Canadá, Kwait, Nova Zelândia e Estados Unidos estão entre os países que obtém as maiores produtividades, correspondendo a 39,97; 43,18; 62,33; 50,41 e 49,76 t ha<sup>-1</sup> respectivamente (FAO, 2018). Apenas 50% da produção é consumida *in natura*, o restante é consumido como batata frita, pré-frita congelada, ou utilizada para a produção de álcool e amido (DAWINDER; SINGH; SINGH, 2020).

No Brasil, a espécie *Solanum tuberosum* L. foi introduzida no final do século XIX por imigrantes europeus (RODRIGUES *et al.*, 2009; PEREIRA, 2011), em regiões com condições climáticas favoráveis à sua produção (PEREIRA, 2011). Em Castro, por volta de 1955/1956, oito famílias foram trazidas de Mogi das Cruzes (SP) pela Cooperativa Agrícola de Cotia (CAC) para fundar a primeira unidade da CAC nos Campos Gerais, com a missão de produzir batata-semente para as demais regiões produtoras do Brasil (CASTROLANDA, 2013).

Os maiores produtores brasileiros de batata são os estados de Minas Gerais e Paraná, com aproximadamente 40 e 30% da produção. A Bahia produz 10% e o restante da produção distribui-se entre os estados de Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CONAB, 2020). A produtividade média brasileira é de 31,18 t ha<sup>-1</sup>, ocupando 118 mil hectares com produção de 3,69 milhões de toneladas. Até novembro de 2019, a comercialização brasileira de batata inglesa foi de 869,6 mil toneladas, encontrando-se, porém, abaixo da quantidade registrada em 2018 e em 2017, as quais foram 945,3 e 953 mil toneladas (FAO, 2018).

No Paraná, o cultivo da batata ocorre em duas safras. Das águas, que vai da segunda quinzena de dezembro até meados de março e da seca, que vai do final de março ao final de julho, em regiões tradicionalmente produtoras como Curitiba, Lapa, Ponta Grossa, Castro e Guarapuava (GODOY; SCOTTI; BUENO, 2003). A cultura da batata em 2019, cultivada nas duas safras, ocupou no estado do Paraná 27.200 ha de área, produzindo 800.300 toneladas, tendo como média de produtividade 29.423 kg ha<sup>-1</sup> (SEAB, 2020).

## 2.2 PRODUÇÃO DE BATATA-SEMENTE

A região Sul do Brasil é considerada uma das mais importante em produção de batata-semente para o abastecimento de outras regiões (FORTES; PEREIRA, 2003), porém o cultivo da batata em geral, possui diversas limitações como suscetibilidade a altas temperaturas, ataques de pragas, entre outros fatores que reduzem a qualidade do material de propagação (TAPYA Y FIGUEROA *et al.*, 2017).

Atualmente, diversas técnicas são utilizadas para a produção de batata-semente em ambiente controlado no mundo todo, entre elas encontra-se a micropropagação e a hidroponia (TESSEMA *et al.*, 2017).

A obtenção de batata-semente pré-básica de qualidade e livre de patógenos, exige alto conhecimento técnico laboratorial de micropropagação *in vitro* (MEDEIROS *et al.*, 2002; FACTOR *et al.*, 2007; SILVA FILHO *et al.*, 2018b). A micropropagação *in vitro* é uma alternativa eficiente para a produção em massa de batata-semente em um curto espaço de tempo (MORENO; OROPEZA, 2017). De acordo com Wróbel (2015), a qualidade das batatas-sementes oriundas de plantas produzidas *in vitro* são melhores, apresentando menor índice de infecções virais, fúngicas e bacterianas, razão pela qual o sistema tem sido utilizado em muitos países.

Na micropropagação *in vitro*, utiliza-se como propágulo um fragmento de caule contendo uma gema e uma folha, o qual originará uma nova planta (FONTES *et al.*, 2008). Posteriormente, quando a planta atinge de 10 a 15 cm, é transplantada para sistemas hidropônicos para a produção dos microtubérculos e dos minitubérculos, os quais são obtidos de acordo com os tamanhos padronizados pelo MAPA, e desejado pelo produtor, em virtude da possibilidade de realizar colheitas escalonadas (FACTOR *et al.*, 2007).

Contudo, o transplante das plantas para os sistemas hidropônicos torna-se um dos maiores problemas da propagação através da cultura de tecidos, pela fragilidade das plântulas devido aos defeitos na morfologia, anatomia e fisiologia das plântulas *in vitro*, quando comparadas com as plantas cultivadas *ex vitro* (HAZARIKA, 2006; MOHAMED; ALSADON, 2010), tornando as plantas vulneráveis ao choque de transplante (HAZARIKA, 2006), por isso, plantas produzidas fotoautotroficamente ou fotomixotroficamente, previnem o choque de transplante, resultando assim maior qualidade das plântulas e menor perda de propágulos (MOHAMED; ALSADON, 2010).



Os minitubérculos de batata-semente são produzidos principalmente por meio de métodos que utilizam substrato em vasos ou canteiros e possuem diversas limitações devido à inadequada aeração das raízes (TIERNO *et al.*, 2014). Estes sistemas geralmente apresentam baixa eficiência produtiva, contribuindo para elevar os custos de produção (FACTOR *et al.*, 2007). O plantio em substrato deve permitir adequada aeração, infiltração e armazenamento de água, somado a isso, o substrato deve ser isento de patógenos, apresentar uniformidade na disponibilidade de nutrientes, características que se não observadas inviabilizam a produção pela baixa taxa de multiplicação (SAMPAIO JÚNIOR *et al.*, 2008).

Neste cenário, a busca por sistemas de produção de batata-semente mais eficientes torna-se necessária para que, não só se reduza seu custo de produção, mas se aumente sua qualidade fisiológica (MEDEIROS *et al.*, 2002; CORRÊA *et al.*, 2007; OTAZÚ, 2010), garantindo aos produtores, batata-semente de qualidade com custo acessível (OTAZÚ, 2010). As técnicas de produção utilizando hidroponia, têm demonstrado alta eficiência na obtenção de batata-semente, alta qualidade fitossanitária e maior taxa de multiplicação, uma vez que não há contato das sementes com patógenos do solo, a limpeza dos sistemas após o ciclo de produção é fácil e eficiente, há melhor controle sobre a nutrição das plantas e a colheita pode ser escalonada, quando comparados ao sistema de produção convencional (FACTOR *et al.*, 2007).

A utilização de sistemas hidropônicos para a produção de batata-semente, tais como o NFT (Nutrient Film Technique), o DFT (Deep Film Technique), e principalmente o sistema aeropônico, pode acarretar aumentos significativos na produtividade (RITTER *et al.*, 2001; FACTOR *et al.*, 2007; SILVA FILHO *et al.*, 2018a) e avanços expressivos na cadeia produtiva de batata (SILVA FILHO *et al.*, 2018a). A hidroponia deriva de duas palavras de origem grega – *hidro* significa água e *ponia* significa trabalho, técnica onde o solo é substituído por uma solução contendo apenas os elementos minerais essenciais aos vegetais (FURLANI *et al.*, 2009).

Os sistemas hidropônicos usados para a produção de batata-semente não utilizam solo, reduzindo a contaminação por patógenos, além de permitir a colheita dos tubérculos de forma única ou escalonada (SOUZA *et al.*, 2013), e maior controle das raízes das plantas (KAMRANI; CHEGENI; HOSSEINNIYA, 2019). São técnicas consideradas promissoras, que estão sendo amplamente aplicadas em produções

comerciais da cultura da batata, aumentando a produtividade e a qualidade de minitubérculos e microtubérculos (NHUT; NGUYEN; THUY, 2006).

Apesar disso, os sistemas hidropônicos podem apresentar algumas desvantagens como: alto investimento inicial; suscetibilidade às quedas de energia, sendo indispensável a utilização de gerador elétrico, e no caso de contaminação, a vulnerabilidade do sistema na distribuição de patógenos é maior (FACTOR *et al.* 2007). Além do que, fatores como variedade, disponibilidade de nutrientes, ciclo e densidade de plantio, podem influenciar o desenvolvimento tanto das plantas cultivadas com solo como sem solo (TIERNO *et al.*, 2014; TESSEMA *et al.*, 2017).

O sistema hidropônico NFT (Nutrient Film Technique), técnica do fluxo laminar de solução, consiste na circulação de uma fina lâmina de solução que irriga as raízes (FURLANI *et al.*, 2009). No sistema DFT (Deep Film Technique), cultivo na água ou “floating”, a solução nutritiva forma uma lâmina de 5 a 20 cm, onde as raízes ficam submersas (FURLANI *et al.*, 2009). A aeroponia, introduzida em 1920, é uma técnica moderna (TUNIO *et al.*, 2020), na qual as plantas permanecem suspensas e apoiadas pelo colo, e suas raízes desenvolvem-se no escuro uma caixa revestida com materiais distintos na ausência de solo ou substrato, recebendo solução nutritiva por meio de nebulizadores (OTAZÚ, 2010; LAKHIAR *et al.*, 2018; FORBES *et al.*, 2020), vem sendo utilizada com sucesso na produção de batata-semente, pois permite que a colheita seja realizada à medida que atingem o tamanho desejado (FORBES *et al.*, 2020). Esta técnica oportuniza produções até 10 vezes maiores que em cultivos convencionais (OTAZÚ, 2010), utilizando pequenas quantidades de insumos (LAKHIAR *et al.*, 2018). Também é considerada uma boa ferramenta de pesquisa, pois possibilita aos pesquisadores verificar o desenvolvimento das raízes (TUNIO *et al.*, 2020), tecnologias como estas estão sendo cada vez mais melhoradas (WRÓBEL, 2015). A NASA (National Aeronautics and Spaces Administration) também utilizou a técnica para cultivar plantas no espaço e estudos concluíram e evidenciaram que o rendimento é significativo (LAKHIAR *et al.*, 2018; TUNIO *et al.*, 2020).

Em relação aos demais sistemas hidropônicos, a aeroponia não oferece obstáculos ao desenvolvimento das raízes, proporcionando melhor aeração (CALORI *et al.*, 2014; LAKHIAR *et al.*, 2018), o que certamente é o principal fator na elevação da produtividade quando comparado com os sistemas NFT e DFT (RITTER *et al.*, 2001; OTAZÚ, 2010), além de permitir selecionar na colheita, o tamanho da batata-semente a ser utilizada para o estabelecimento da lavoura (RYKACZEWSKA, 2016).

Factor *et al.* (2007) comparando os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, verificaram que este proporcionou maior número de minitubérculos por planta (49,3) em relação ao NFT (39,4) e ao DFT (41,6), evidenciando sua maior eficiência na produção de batata-semente. Ritter *et al.* (2001) e Oraby, Lachance e Desjardins (2015) utilizando colheitas escalonadas observaram superioridade no número de minitubérculos por planta em 100 a 250% à colheita única, propiciando a colheita de microtubérculos com massa menor que 0,5 g, cuja utilização é favorecida devido à sua facilidade de armazenamento e transporte.

No Centro Internacional da Batata (CIP – International Potato Center) localizado no Peru, região andina central da América do Sul, a aeroponia já é utilizada desde 2006, logrando para as variedades andinas rendimentos superiores a 100 tubérculos por planta (OTAZÚ, 2010).

Em países como a China (OTAZÚ, 2010), Taiwan, Austrália, Brasil, Cingapura, França, Espanha, Tailândia, Japão, Rússia, Malásia, Alemanha, Nova Zelândia, Egito, Coreia do Sul, Indonésia, Bolívia Colômbia, Equador, Etiópia, Mongólia, Uzbequistão, Quênia, Sri Lanka, Irã, Itália, Coreia, Vietnã, Butão, Canadá, Grécia, Nigéria, Índia, Filipinas, Polônia, Abu Dhabi, Uganda, Tanzânia, Moçambique, Malawi, Gana, Etiópia e Eslováquia, a aeroponia é altamente aceita e recomendada (TUNIO *et al.*, 2020). No Brasil, a técnica iniciou em 2005 na Universidade Estadual Paulista (UNESP) em Jaboticabal/SP, experimentalmente pelo pesquisador Thiago Leandro Factor (FACTOR *et al.*, 2007).

Alta qualidade fisiológica da batata-semente, com alto padrão genético e fitossanitário é essencial para garantir produtividades elevadas e tubérculos de boa qualidade (SAMPAIO JÚNIOR *et al.*, 2008). No entanto, muitos produtores não utilizam batata-semente de boa qualidade, devido ao custo elevado e também à falta de acesso (OTAZÚ, 2010, ORABY; LACHANCE; DESJARDINS, 2015). No Brasil, a situação não é diferente, e para o país se tornar autossuficiente é necessário diminuir o custo de produção e aumentar a competitividade frente à batata-semente importada, para isso, deve-se aumentar a taxa de multiplicação e a disponibilidade de material propagativo de boa qualidade (CALORI *et al.*, 2017).

Assim sendo, a utilização de microtubérculos e minitubérculos produzidos em sistemas aeropônicos para o estabelecimento da cultura da batata pode vir a contribuir com a autosuficiência do Brasil em termos de produção de batata-semente, reduzindo custos, melhorando a qualidade fisiológica, aumentando assim as produtividades.

### 2.3 TAMANHO OU MASSA DA BATATA-SEMENTE

O custo de produção e a produtividade da cultura da batata são fatores influenciados pelo tamanho da batata-semente utilizada no plantio (LOPES; ROSSATO, 2011). O preço da batata-semente varia com o seu tamanho ou massa (FILGUEIRA, 1999), tornado imprescindível o conhecimento do tamanho adequado para cada região produtora da cultura (EBRAHIM; MOHAMMED; AYALEW, 2018). Entretanto, em regiões onde as condições edafoclimáticas são desfavoráveis plantar batata-semente de tamanhos maiores torna-se vantajoso (NASIR; AKASSA, 2018).

Segundo Moreira *et al.* (2011) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012), a partir da batata-semente genética obtida do material de reprodução que está sob a responsabilidade do seu obtentor, tem-se a semente básica, que no Brasil, ainda é multiplicada por até quatro gerações: G0 (geração zero) muda, planta *in vitro* e minitubérculo, G1 (geração um), G2 (geração dois), G3 (geração três) e G4 (geração quatro), ou seja, gerações consecutivas de colheita a campo.

De acordo com as normas gerais para a certificação de batata-semente do MAPA, segundo as portarias números 373 de 1973; 193 de 1983 e 154 de 1987, a batata-semente básica, registrada ou certificada é classificada em categorias baseadas com o seu tamanho (diâmetro): tipo 0 (tubérculos maiores de 60 mm); tipo I (tubérculos entre 50 e 60 mm); tipo II (entre 40 e 50 mm – 25 a 50 g); tipo III (entre 30 e 40 mm – 15 a 25 g); tipo IV (entre 23 e 30 mm – 7 a 15 g) e tipo V (menores que 23 mm – 5 a 7 g). De acordo com Hirano (2003), a classificação da batata-semente a partir do tipo IV, é dividida da seguinte maneira de acordo com o seu diâmetro: tipo V (tubérculos entre 16 e 23 mm); tipo VI (tubérculos entre 13 e 16 mm); tipo VII (tubérculos entre 10 e 13 mm) e tipo VIII (tubérculos entre 8 e 10 mm). O tipo 0 existe apenas nas classes básicas e certificadas (MAPA, 1987).

A batata-semente é classificada em função do seu diâmetro, porém este padrão de classificação está relacionado com a sua respectiva massa (SOUZA, 2003). Porém, atualmente a última legislação regulada pela Instrução Normativa do MAPA número 32 de 2012 já não cita mais os tipos da batata semente ficando a cargo do produtor e comprador estabelecer tamanho, entretanto devido ao longo tempo em que os tamanhos de sementes estiveram regulamentados a cadeia da batata continua adotando esta classificação (MAPA, 2012).

A tipificação da batata-semente certificada em categorias realizada pelo MAPA oferece ao produtor excelente orientação, entretanto, a literatura é muito divergente. Ranalli *et al.* (1994) consideraram batata-semente de tamanho convencional as que possuem comprimento entre 40 e 60 mm e massas de 50 a 70 g. Kawakami *et al.* (2003, 2004) e Kawakami e Iwama (2012), consideram batata-semente de tamanho convencional as que apresentam massa de 50 g. Wróbel (2015) classificou as batatas-sementes com diâmetro de 35 a 45 mm como sendo de tamanho convencional. Lopes e Rossato (2011) utilizaram batatas-sementes com diâmetros médios de 30, 50 e 90 mm, correspondendo aos tipos IV, II e 0, respectivamente, das classes básica e registrada conforme categorização do MAPA (1987).

Os minitubérculos são oriundos de plântulas micropropagadas e transplantadas para vasos ou para sistemas hidropônicos e/ou aeropônicos em sistemas protegidos, sendo depois de colhidos e armazenados para a quebra da dormência. Posteriormente, os minitubérculos são plantados em campo e as batatas-sementes obtidas na colheita, geralmente são multiplicadas por 2 a 5 anos, ou seja, de 2 a 5 gerações (FULLADOLSA *et al.*, 2018; FORBES, 2020).

Os minitubérculos foram categorizados por Ranalli *et al.* (1994) como os contendo massa entre 1,5 a 5,4 g, e por Wróbel (2015) com diâmetro entre 15 a 30 mm. Radouani e Lauer (2015) categorizaram os minitubérculos em pequenos (15-20 g); médios (20-40 g) e grandes (>40 g). Lopes e Rossato (2011) acreditam que adquirir batatas-sementes menores é mais vantajoso, uma vez que, em numa saca ou caixa de 30 kg, por exemplo, há mais unidades para o plantio.

Microtubérculos são aqueles produzidos *in vitro*, a partir de plântulas micropropagadas (RANALLI *et al.*, 1994; DONELLY; COLEMAN; COLEMAN, 2003; KAWAKAMI *et al.*, 2003; KAWAKAMI *et al.*, 2004; KAWAKAMI; IWAMA, 2012; WRÓBEL, 2015; RADOUANI; LAUER, 2015; RYKACZWESKA, 2016; MORENO; OROPEZA, 2017; HOSSAIN *et al.*, 2017; SHARMA; BUCKSETH; SINGH, 2018; HOSSAIN *et al.*, 2019). O termo refere-se ao seu tamanho, pois são menores que os tamanhos convencionais (RYKACZWESKA, 2016), pesando em média entre 1 e 5 g de massa fresca (KAWAKAMI *et al.*, 2003; KAWAKAMI *et al.*, 2004). A tuberização *in vitro* é considerada um processo complexo (RODRIGUES-OTUBO *et al.*, 1999; MORENO; OROPEZA, 2017), pois assim como a tuberização da batata *in vivo*, também é influenciada por fatores genéticos, fisiológicos e ambientais, incluindo

fotoperíodo, temperatura, luminosidade, nutrição mineral e concentrações de reguladores de crescimento (HOSSAIN *et al.*, 2019). Ranalli *et al.* (1994) também denominaram de microtubérculos os pequenos tubérculos colhidos no campo, variando entre 4 a 7 mm de diâmetro e/ou 10 a 12 mm de comprimento, correspondendo a massas de 0,024 a 0,273 g.

Alguns países como o Taiwan, Coréia do Sul, Itália, Filipinas e África do Sul, entre outros, utilizam microtubérculos como batata-semente desde 2003 considerando uma boa tecnologia para o estabelecimento da lavoura de batata, sendo uma forma de renovar o material de propagação. Em outros países como China, Índia, e outras partes da Ásia, onde a disponibilidade de material de propagação com alta qualidade é restrita, devido ao aumento de novas áreas de cultivo de batata, os microtubérculos podem ser uma solução (DONELLY; COLEMAN; COLEMAN, 2003), embora sua produção esteja aumentando, sua utilização ainda é baixa (KAWAKAMI; IWAMA, 2012).

A categorização dos microtubérculos diverge entre autores, tendo como exemplo os que possuem massa entre 0,024 a 0,273 g e tamanhos de 4 a 12 mm (RANALLI *et al.*, 1994); massas < 0,03 a 0,06 g (RODRIGUES-OTUBO *et al.*, 1999); massas de 0,5 a 1,0 g e 1,0 a 3,0 g (KAWAKAMI *et al.*, 2003); massas entre 0,3 a 1 g e 1 a 3 g (KAWAKAMI *et al.*, 2004); massas de 0,3 a 5 g (KAWAKAMI; IWAMA, 2012); 5 a 10 mm de diâmetro (WRÓBEL, 2015); 0,2 a 3,0 g (RADOUANI; LAUER, 2015); massas de 0,246 e 0,195 g e diâmetro transversal 7 mm e comprimento entre 8 e 12 mm (RYKACZEWSKA, 2016), 8 mm de diâmetro (UCHENDU *et al.*, 2016); 0,25 a 0,50 g (HOSSAIN *et al.*, 2017) e 4,6 a 8,3 mm de diâmetro (MORENO; OROPEZA, 2017).

Kawakami e Iwama (2012) observaram que as plantas oriundas de minitubérculos exibem mais de duas hastes principais e florescem antes, formando inicialmente mais tubérculos por planta. Já as plantas provenientes de microtubérculos, apresentaram apenas uma haste principal, no entanto, após o florescimento completo, não observaram diferenças, e apesar da taxa de emergência ser mais lenta no início, todavia, não houve interferência negativa na produtividade da cultura. Segundo Kawakami *et al.* (2003) a utilização de microtubérculos acima de 0,5 a 1 g a uma profundidade de 3 cm é suficiente para promover boa emergência.

O trabalho realizado por Ranalli *et al.* (1994) demonstrou que o desempenho dos minitubérculos foi superior ao dos microtubérculos, porém inferior ao dos tubérculos-sementes convencionais, em todas as variáveis testadas entre elas

produtividade e número de tubérculos por m<sup>2</sup>. Wróbel (2015) evidenciou que a idade fisiológica e o tamanho dos microtubérculos são relevantes, porém para se obter microtubérculos *in vitro* maiores, demanda-se mais tempo, aumentando assim, os custos de produção (KAWAKAMI; IWAMA, 2012). Lopes e Rossato (2011) concluíram que tubérculos maiores de batata-semente podem induzir precocidade na emergência e no desenvolvimento vegetativo, mas nem sempre repercutirão positivamente na produtividade.

A qualidade da cultura da batata melhorou muito em todos os lugares onde a produção tanto de minitubérculos como de microtubérculos estão sendo implementadas, além disso, foram reduzidas pela metade as sucessivas propagações em campo necessárias para fornecer batata-semente aos produtores comerciais (DONELLY; COLEMAN; COLEMAN, 2003), pois as primeiras etapas das multiplicações são aceleradas quando se utiliza mudas *in vitro*, microtubérculos e minitubérculos (HOSSAIN *et al.*, 2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo em duas propriedades agrícolas no município de Castro/PR. O município de Castro se localiza na região Centro-Leste do Estado do Paraná, e abrange uma área de 2.674 km<sup>2</sup>, que em sua quase totalidade, está situado no Primeiro Planalto Paranaense, onde predominam rochas graníticas porfíricas relacionadas ao Proterozóico/Paleozóico e rochas do Grupo Açungui do Proterozóico Superior, estando apenas uma pequena parte situada a oeste, no segundo Planalto Paranaense (FASOLO *et al.*, 2002), com altitude de 994 m, latitude 24°78'69" e longitude 49°99'92" (INMET, 2020b). O clima, segundo a classificação da Köeppen é do tipo Cfb, enquadra-se na faixa mesotermal onde a temperatura média do mês mais frio varia entre 18 e -3°C (INMET, 2020b), denominado de temperado úmido, com verões frescos, geadas severas frequentes e sem estação seca. A precipitação pluvial anual média histórica (período de 1990 a 2020) é de 1657 mm. A temperatura média é de 17,8°C, com temperatura média máxima de 23,8°C e mínima de 11,8°C (CLIMATEMPO, 2020).

#### 3.1 EXPERIMENTO I

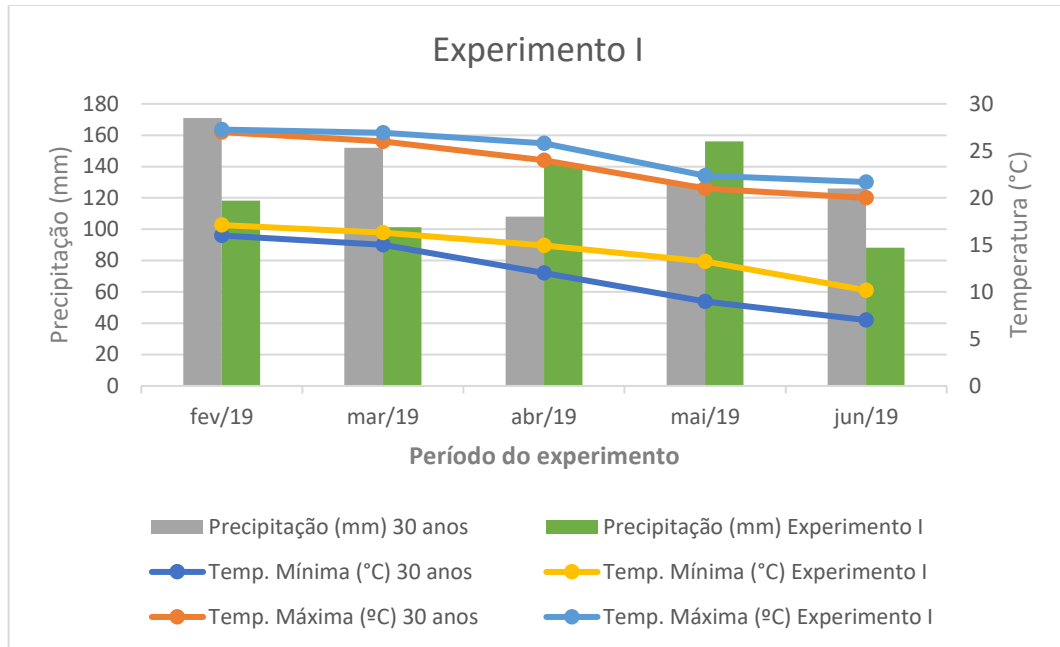
##### 3.1.1 Localização e caracterização experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Marão, localizada no Tabor, distrito rural do município de Castro/PR, latitude 24°64'71", longitude 49°73'75", durante o período de 26 de março a 29 de junho de 2019, considerada safra da seca.

Durante o período experimental as precipitações pluviométricas foram de 101,22 mm no mês de março, 141,72 mm no mês de abril, 156,09 mm no mês de maio e 88,3 mm no mês de junho, totalizando 487,33 mm. Quanto à temperatura, a máxima ficou em torno de 26,9°C e a mínima em 10,2°C (SMA-ABC, 2020) (Figura 1).



Figura 1 – Dados climáticos do município de Castro/PR. Precipitação pluvial mensal da região (média de 30 anos) e mensal ocorrida durante o período experimental (março a junho de 2019) no Tabor, distrito rural do município de Castro/PR (SMA-ABC, 2020), e temperaturas médias das máximas e das mínimas durante o período experimental e na média histórica de 30 anos (CLIMATEMPO, 2020; INMET, 2020b). Castro, 2019.



Fonte: SMA-ABC (2020), CLIMATEMPO (2020) e INMET (2020b).

Os solos da região de Castro/PR são predominantemente argilosos, profundos, ácidos, com pequena variação de textura, de coloração avermelhada, com horizonte superficial espesso e com altos teores de matéria orgânica e concentração de cascalhos (FASOLO *et al.*, 2002).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho distrófico típico, textura argilosa, epieutrófico, fase campo subtropical, relevo suave ondulado 1 (EMBRAPA, 2020). As características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental classificado com Latossolo vermelho (EMBRAPA, 2020). Castro, 2019.

(continua)

| Atributos             | Unidades               | Profundidade |
|-----------------------|------------------------|--------------|
|                       |                        | 0 – 20 cm    |
| Fósforo               | mg dm <sup>-3</sup>    | 59           |
| Matéria orgânica      | g dm <sup>-3</sup>     | 42           |
| Ph                    | -                      | 5,1          |
| Hidrogênio + Alumínio | mmolc dm <sup>-3</sup> | 48           |
| Alumínio              | mmolc dm <sup>-3</sup> | ND           |
| Potássio              | mmolc dm <sup>-3</sup> | 2,8          |
| Cálcio                | mmolc dm <sup>-3</sup> | 35           |

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental classificado com Latossolo vermelho (EMBRAPA, 2020). Castro, 2019.

| Atributos                            | Unidades               | (conclusão)               |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|
|                                      |                        | Profundidade<br>0 – 20 cm |
| Magnésio                             | mmolc dm <sup>-3</sup> | 16                        |
| Soma de bases (SB)                   | mmolc dm <sup>-3</sup> | 53,8                      |
| Capacidade de troca de cátions (CTC) | mmolc dm <sup>-3</sup> | 101,8                     |
| Saturação de bases (V%)              | %                      | 53                        |
| % Alumínio (CTC efetiva)             | %                      | ND                        |

Fonte: Elaborado pela Fundação ABC, 2019.

### 3.1.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi constituído de 7 tratamentos (T), correspondendo a batatas-secas de diferentes massas (categorias), de acordo com a Tabela 2.

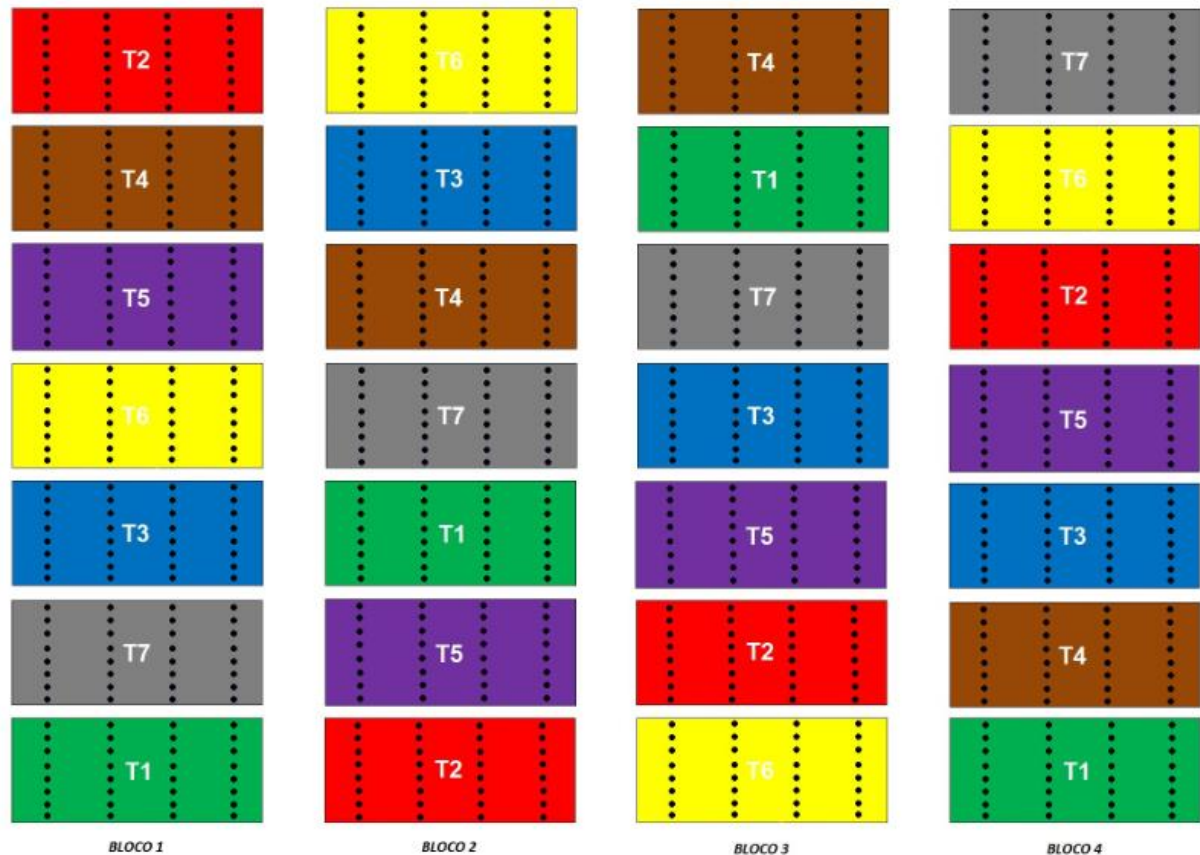
Tabela 2 – Tratamentos utilizados no Experimento I.

| Tratamentos                | Massas    | Categoria | Diâmetro         |
|----------------------------|-----------|-----------|------------------|
| T1 Tubérculos (testemunha) | 25 a 50 g | Tipo II   | entre 40 e 50 mm |
| T2 Tubérculos              | 15 a 25 g | Tipo III  | entre 30 e 40 mm |
| T3 Minitubérculos          | 7 a 15 g  | Tipo IV   | entre 23 e 30 mm |
| T4 Minitubérculos          | 5 a 7 g   | Tipo V    | entre 16 e 23 mm |
| T5 Minitubérculos          | 1 a 5 g   | Tipo VI   | entre 13 e 16 mm |
| T6 Microtubérculos         | 0,5 a 1 g | Tipo VII  | entre 10 e 13 mm |
| T7 Microtubérculos         | ≤ 0,5 g   | Tipo VIII | entre 8 e 10 mm  |

Fonte: A autora, 2019.

Os tubérculos foram classificados conforme a categorização do MAPA (1987) e Hirano (2003), arranjados em delineamento blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 28 unidades experimentais (Figura 2).

Figura 2 – Croqui da área experimental. Fazenda Marão, localizada no Tabor, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

As parcelas ou unidades experimentais constaram de 3,20 m de comprimento e 1,20 m de largura, totalizando 3,84 m<sup>2</sup> de área, compostas por 4 linhas espaçadas em 0,80 m, e as batatas-sementes espaçadas em 0,15 m, perfazendo 32 por unidade experimental. A área de cada bloco foi de 49,60 m<sup>2</sup> e a área total do experimento de 198,4 m<sup>2</sup>. Considerou-se como bordadura uma linha de cada lado (0,80 m de cada lado) e 2 plantas (0,30 m) no início e no final (0,30 m) de cada linha de plantio, assim a área útil correspondeu a 1,60 m de comprimento e 0,60 m de largura, totalizando 0,96 m<sup>2</sup>.

### 3.1.3 Obtenção das mudas de batata

As mudas de batata (*Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum*) utilizadas para obtenção das batatas-sementes foram produzidas por micropropagação *in vitro*, no laboratório de cultura de tecidos T.O.R. (Tsutomu, Osmar e Roberto) Biotecnologia,

localizado no município de Castro/PR, Rua Alfredo Schendroski, nº158, Vila Rio Branco, CEP 84.172-380.

Explantes contendo meristemas axilares foram coletados, de plantas mantidas em casa de vegetação no sistema aeropônico (Anexo A), no dia 24 de janeiro de 2018, 45 dias após o transplante (DAT) das plantas. Em seguida, os explantes passaram por um processo de assepsia, constando de imersão em álcool 70% por 10 segundos, depois foram imersos em solução de hipoclorito de sódio 1% contendo 3 gotas de detergente comercial por 10 minutos, em agitação constante, sendo então lavados na câmara de fluxo laminar, por 3 vezes com água deionizada e autoclavada (DUTRA *et al.*, 2010).

Para garantir a limpeza do material a ser propagado, mesmo não sendo realizada a indexação de vírus, a técnica utilizada foi a de retirada dos meristemas axilares (Anexo A), que foram extraídos dos explantes com auxílio de pinça e bisturi, utilizando-se lupa estereoscópica, em câmara de fluxo laminar, e logo após, inoculados em meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962). O meio de cultura MS foi suplementado com carvão ativado, BAP (6-benzilaminopurina), ANA (ácido naftaleno acético), GA (ácido giberélico), sacarose e ágar, sendo seu pH ajustado para 5,9, acondicionando-se um meristema por tubo de ensaio, visando evitar perdas por contaminação.

Após a inoculação, os tubos de ensaio contendo os meristemas foram mantidos em sala de crescimento com lâmpadas de LED marca Brillia, potência de 18 W - 6500 K e emissão de 1850 lúmens cada uma, fotoperíodo de 16 horas e temperatura em torno de  $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ .

No dia 14 de abril de 2018, as plântulas atingiram 10 a 15 cm de altura (Anexo A), realizando-se então, as primeiras propagações. No dia 20 de agosto de 2018, as mudas foram aclimatadas em bandejas de plástico (Anexo B) contendo substrato comercial de turfa de *Sphagnum*, irrigadas com solução nutritiva diluída numa proporção de 1:2, sugerida Medeiros *et al.* (2002) adaptada por Factor *et al.* (2007), com as seguintes concentrações de nutrientes em  $\text{mg L}^{-1}$ : 145 de  $\text{NO}_3^-$ ; 29 de  $\text{NH}_4^+$ ; 40 de P; 295 de K; 162 de Ca; 40 de Mg; 64 de S; 2,0 de Fe; 0,3 de Zn; 1,0 de Mn; 0,3 de B; 0,05 de Cu e 0,05 de Mo.

No dia 30 de agosto de 2018 foram transplantadas para o sistema aeropônico (Anexo B), visando à obtenção das categorias de batata-semente necessárias para a instalação do experimento a campo.

#### 3.1.4 Obtenção de minitubérculos e microtubérculos

A produção das batatas-sementes foi realizada em casa de vegetação com 336 m<sup>2</sup>, localizada na propriedade Eldorado no município de Castro/PR, latitude 24°74'90" e longitude 50°00'08" por aeroponia.

As plantas de batata, produzidas por micropropagação foram transplantadas para bancadas construídas com madeira (Anexo B), cobertas com poliestireno expandido e este, revestido com plástico dupla face preto e branco. A cultivar utilizada foi a Atlantic, que teve origem nos Estados Unidos da América, resultante de um cruzamento entre Wauseon e B5451 (Lenape). As plantas são de porte médio a alto (Anexo B) e seu ciclo é médio a precoce, durando em torno de 110 dias. Seus tubérculos possuem formato arredondado e polpa branca (PEREIRA *et al.*, 2003), por estas características, é uma cultivar que tem sido utilizada em grande escala na indústria de processamento alimentício (EVANGELISTA *et al.*, 2011).

A solução nutritiva utilizada foi a de Medeiros *et al.* (2002) adaptada por Factor *et al.* (2007), acondicionada em reservatório de 3000 L. O sistema radicular foi irrigado por aspersão intermitente, mantendo durante o dia a aspersão da solução nutritiva por 1 minuto e 6 minutos de pausa, e durante a noite irrigando 10 minutos a cada hora. Deste sistema, obteve-se tanto os microtubérculos como os minitubérculos.

A colheita dos microtubérculos e dos minitubérculos (Anexo B) foi realizada quando estes atingiram o tamanho padronizado pelo MAPA, o que ocorreu a partir dos 40 dias após o transplante (DAT), ou seja, no dia 15 de outubro de 2018, e assim, sucessivamente a cada semana até a obtenção do número de batatas-sementes necessário para a instalação do experimento a campo.

Após a colheita, os tubérculos foram armazenados em câmara fria com temperatura de 4°C e umidade relativa em torno de 90% por 3 meses, sendo retirados aproximadamente 30 dias antes do plantio. Quando os microtubérculos e os minitubérculos atingiram número e tamanho de gemas apropriados para o plantio, realizou-se a instalação do experimento a campo.

#### 3.1.5 Condução experimental

No dia 23 de fevereiro de 2019 realizou-se a preparação do local de plantio com a gradagem do solo, quatro dias depois, no dia 27 de fevereiro de 2019, o solo recebeu

adubação de base que constou de 2500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 03-16-08 de NPK, correspondendo a 75 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio, 400 kg ha<sup>-1</sup> de Fósforo e 200 kg ha<sup>-1</sup> de Potássio. Logo em seguida, a plantadeira confeccionou os camaleões com altura de 25 cm para a realização do plantio manualmente.

As batatas-sementes não foram tratadas com produtos fitossanitários. Não houve necessidade de irrigar a cultura, em decorrência da precipitação pluvial ter sido suficiente para a cultura durante o período de condução experimental, conforme demonstrado na Figura 1.

O plantio da batata, cultivar Atlantic, foi realizado manualmente no dia 26 de março de 2019 (Fotografia 1). Não foi realizado qualquer tratamento fitossanitário durante a condução experimental. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, por meio de capinas.

Fotografia 1 – Plantio da área experimental no dia 26 de março de 2019. Fazenda Marão, localizada no Tabor, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

As variáveis analisadas foram: índice de velocidade de emergência de plântulas, estande inicial e final, número de hastes por tubérculo, altura de planta ou de haste, número de tubérculos por planta, massa de tubérculos por planta, produtividade e variáveis fisiológicas, que constaram da taxa de assimilação líquida de carbono ( $A$ -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração intercelular de carbono ( $C_i$ -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E$ -  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), eficiência do uso da água (EUA- dada pela razão entre a taxa de assimilação líquida de carbono e taxa de transpiração) e eficiência de carboxilação

instantânea ( $EC_i$ - calculada pela razão entre a taxa de assimilação líquida de carbono e a concentração intercelular de carbono).

O índice de velocidade de emergência (IVE) a campo constou de contagens diárias do número de plântulas emergidas em 1 m linear na área útil. As contagens tiveram início no dia 10 de abril de 2019 (15º DAP), quando a primeira haste emergiu, sendo finalizadas no dia 15 de junho de 2019 (81º DAP), quando da estabilização da emergência. Ao final, foi calculado o IVE, empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).  $IVE = (E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn)$ , onde: IVE é o índice de velocidade de emergência; E1 ao En é o número de plântulas emergidas determinadas da primeira a n-ésima contagem; N1 ao Nn é o número de dias da sementeira da primeira, a n-ésima contagem.

Para determinar o número de hastes por planta emergidas dos tubérculos, foi realizada a contagem, considerando apenas aquelas que emergiram da batata-mente, ou seja, apenas as hastes principais, em quatro plantas previamente demarcadas no centro da área útil, nos dias: 16 de abril de 2019 (21 DAP), 26 de abril de 2019 (31 DAP), 04 de maio de 2019 (39 DAP), 12 de maio de 2019 (47 DAP) (Fotografia 2) e 22 de maio de 2019 (57 DAP).

Fotografia 2 – Área experimental no dia 12 de maio de 2019, aos 47 dias após o plantio. Fazenda Marão, localizada no Tabor, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

A altura das plantas foi mensurada com uma régua de madeira de 100 cm, após escolher a haste de maior altura em duas plantas na área central de cada parcela. Realizou-se duas determinações, a primeira no dia 15 de maio e a segunda no dia 15 de junho de 2019, quando as plantas estavam no 50º e 81º DAP, respectivamente, ambas no estágio fenológico enchimento de tubérculos.

A colheita da área útil (0,96 m<sup>2</sup>) foi realizada manualmente no dia 29 de junho de 2019 (Fotografia 3), data em que se determinou o número de tubérculos por planta, realizando-se a contagem de todos os tubérculos colhidos e dividindo-se pelo número de plantas obtido na área útil de cada parcela.

Fotografia 3 – Dia da colheita da área experimental, 29 de junho de 2019. Fazenda Marão, localizada no Tabor, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

A massa de tubérculos por planta foi determinada pela pesagem da produção total dos tubérculos colhidos na área útil, dividindo-a pelo número total de plantas da mesma área. A produtividade de batata obtida na área útil foi convertida para hectare.

As variáveis fisiológicas foram determinadas utilizando-se o medidor de gases por infravermelho (Marca: LI-COR, Modelo: LI-6400XT), empregando-se a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) de 1200  $\mu\text{mol}$  de fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  por meio de câmara de luz (Marca: LI-COR, Modelo: LI-6400-2B), em concentração de  $\text{CO}_2$  de 400  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , fluxo de gases de 400  $\mu\text{mol s}^{-1}$  e temperatura de 25°C.

As avaliações fisiológicas foram realizadas das 10h30 às 12h10 em condições de pleno sol, na terceira ou quarta folha totalmente expandida a partir do ápice da planta, em duas plantas por parcela, no 73 DAP (7 de junho de 2019) (Fotografia 4), o que coincidiu com o estágio fenológico de enchimento dos tubérculos. Durante o período em que foram realizadas as avaliações das trocas gasosas, a temperatura do ar oscilou entre 10,5 e 11,8°C, a umidade relativa do ar foi de 97%, a radiação global atingiu 26,7 a 325,3  $\text{W/m}^2$ , a velocidade do vento estava em 0 e 0,6  $\text{m s}^{-1}$  com rajadas de 1 a 1,6  $\text{m s}^{-1}$  (INMET, 2020a).



Fotografia 4 – Avaliações fisiológicas utilizando o medidor de gases por infravermelho no dia 7 de junho de 2019, aos 73 dias após o plantio.



Fonte: A autora.

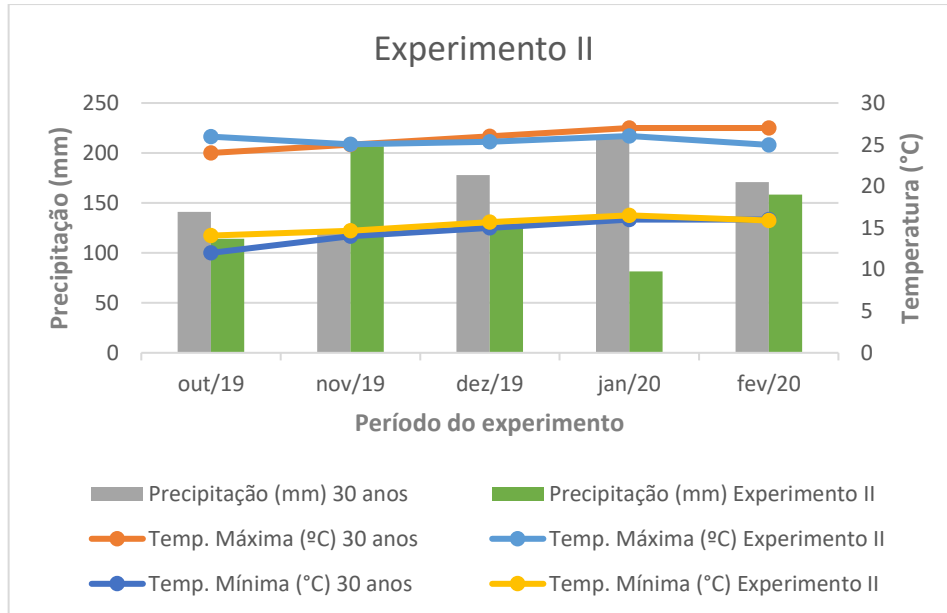
## 3.2 EXPERIMENTO II

### 3.2.1 Localização e caracterização experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Karimas, localizada no Maracaná, distrito rural do município de Castro/PR, latitude 24°88'27" e longitude 49°90'57", durante o período de 05 de outubro de 2019 a 09 de fevereiro de 2020, considerada safra das águas.

Durante o período experimental as precipitações pluviométricas foram de 114 mm no mês de outubro, 206,7 mm no mês de novembro, 126 mm no mês de dezembro, 81,4 mm no mês de janeiro e 158,2 mm no mês de fevereiro, totalizando 686,3 mm. Quanto à temperatura, a máxima ficou em 26°C e a mínima em 14,1°C (SMA-ABC, 2020) (Figura 3).

Figura 3 – Dados climáticos do município de Castro/PR. Precipitação pluvial mensal da região (média de 30 anos) e mensal ocorrida durante o período experimental (outubro/2019 a fevereiro/2020) no Maracanã, distrito rural do município de Castro/PR (SMA-ABC, 2020), e temperaturas médias das máximas e das mínimas durante o período experimental e na média histórica de 30 anos (CLIMATEMPO, 2020; INMET, 2020b). Castro, 2019/2020.



Fonte: SMA-ABC (2020), CLIMATEMPO (2020) e INMET (2020b).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno distrófico típico, textura argilosa, epiutrófico, fase campo subtropical, relevo suave ondulado 1 (EMBRAPA, 2020).

### 3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O ensaio foi constituído de 7 tratamentos (T), equivalente a batatas-sementes de diferentes massas (categorias), de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Tratamentos utilizados no Experimento II.

(continua)

|    | <b>Tratamentos</b>         | <b>Massas</b> | <b>Categoria</b> | <b>Diâmetro</b>  |
|----|----------------------------|---------------|------------------|------------------|
| T1 | Tubérculos G1 (testemunha) | 25 a 50 g     | Tipo II          | entre 40 e 50 mm |
| T2 | Tubérculos (testemunha)    | 25 a 50 g     | Tipo II          | entre 40 e 50 mm |

Tabela 3 – Tratamentos utilizados no Experimento II.

|                    |                 |                  |                 | (conclusão)      |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| <b>Tratamentos</b> | <b>Massas</b>   | <b>Categoria</b> | <b>Diâmetro</b> |                  |
| T3                 | Tubérculos      | 15 a 25 g        | Tipo III        | entre 30 e 40 mm |
| T4                 | Minitubérculos  | 7 a 15 g         | Tipo IV         | entre 23 e 30 mm |
| T5                 | Minitubérculos  | 5 a 7 g          | Tipo V          | entre 16 e 23 mm |
| T6                 | Minitubérculos  | 1 a 5 g          | Tipo VI         | entre 13 e 16 mm |
| T7                 | Microtubérculos | ≤ 1 g            | Tipo VII        | entre 10 e 13 mm |

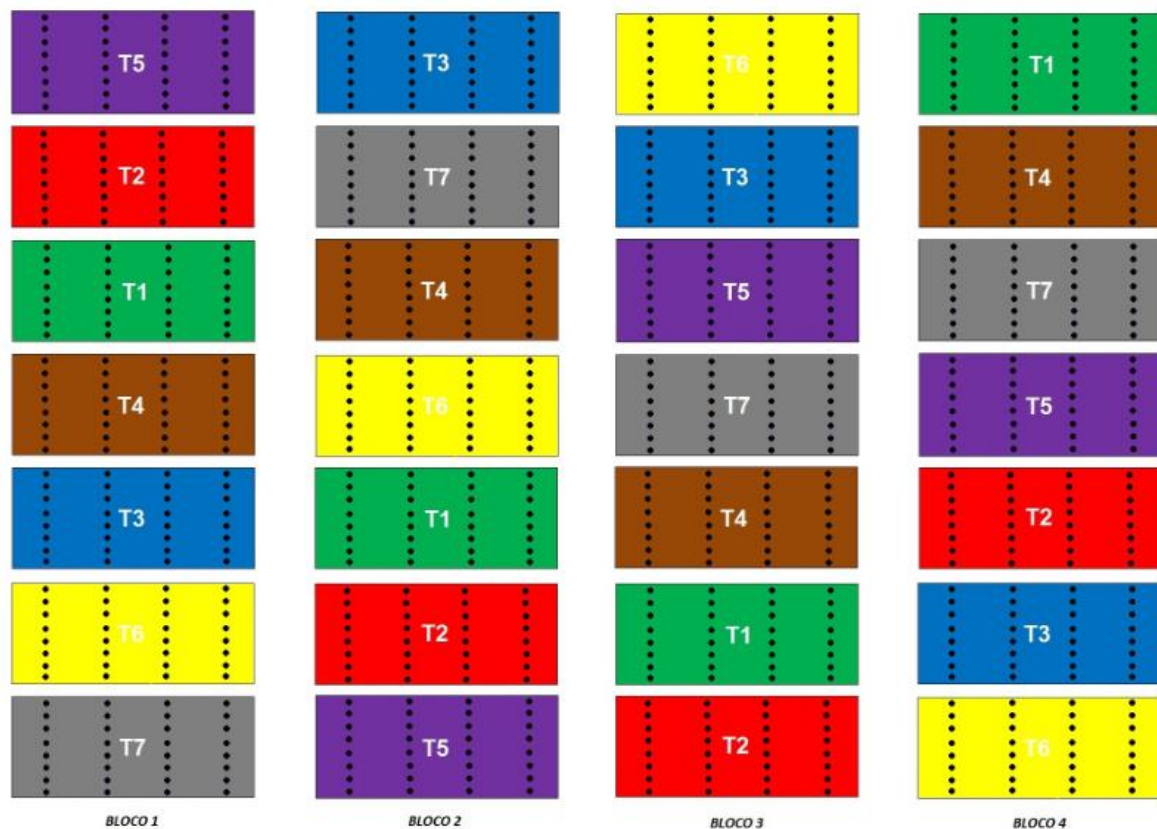
Fonte: A autora, 2019.

Os tubérculos foram classificados conforme a categorização do MAPA (1987) e Hirano (2003), arranjados em delineamento blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 28 unidades experimentais (Figura 4).

Neste experimento optou-se por excluir o tratamento microtubérculos < 0,5 g, uma vez que os resultados foram muito discrepantes, no entanto, incluiu-se o tratamento batatas-sementes multiplicadas a campo, denominadas tubérculos G1, com massa 25 a 50 g, para avaliar a influência da degenerescência.

Tubérculos G1 correspondente ao T1, é o termo popularmente utilizado entre os produtores e definido pelo MAPA, para a semente de primeira geração multiplicada a campo, oriunda de semente importada da categoria básica, ou de minitubérculos de batata semente básica G0 oriunda de multiplicação em ambiente protegido. Os minitubérculos correspondentes aos tratamentos T2 a T7 foram produzidos em ambiente protegido utilizando a técnica da aeroponia.

Figura 4 – Croqui da área experimental. Fazenda Karimas, Maracanã, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

As parcelas ou unidades experimentais, assim como no experimento I, constaram de 3,20 m de comprimento e 1,20 m de largura, totalizando 3,84 m<sup>2</sup> de área, compostas por 4 linhas espaçadas em 0,80 m, e as batatas-plantas espaçadas em 0,15 m, perfazendo 32 por unidade experimental. A área de cada bloco foi de 49,60 m<sup>2</sup> e a área total do experimento de 198,4 m<sup>2</sup>. Considerou-se como bordadura 0,80 m de cada lado no sentido do comprimento e 0,30 m no sentido da largura, assim a área útil correspondeu a 1,60 m de comprimento e 0,60 m de largura, totalizando 0,96 m<sup>2</sup> (Figura 4).

### 3.2.3 Obtenção das mudas de batata

As mudas de batata (*Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum*) utilizadas para obtenção das batatas-plantas foram produzidas por micropropagação, no laboratório de cultura de tecidos T.O.R. (Tsutomu, Osmar e Roberto) Biotecnologia.

Explantes contendo meristemas axilares foram coletados no dia 10 de agosto de 2018, de plantas mantidas em casa de vegetação no sistema aeropônico 45 dias após o transplante (DAT). Posteriormente, os explantes passaram por um processo de assepsia (DUTRA *et al.*, 2010), e então foram inoculados em meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) acondicionado em tubos de ensaio e mantidos em sala de crescimento.

No dia 03 de novembro de 2018, quando as plântulas atingiram de 10 a 15 cm de altura, realizando-se as primeiras propagações. A quantidade necessária de mudas propagadas *in vitro* para o segundo experimento foi atingida no dia 18 de fevereiro de 2019. As mudas foram aclimatadas em bandejas de plástico contendo substrato comercial, irrigadas com solução nutritiva diluída para evitar perda excessiva de mudas. No dia 28 de fevereiro de 2019 foram transplantadas para o sistema aeropônico.

#### 3.2.4 Obtenção de minitubérculos e microtubérculos

A produção das batatas-sementes (mini e microtubérculos) foi realizada por aeroponia na mesma casa de vegetação utilizada no experimento I. As plantas de batata, cultivar Atlantic, produzidas por micropropagação foram transplantadas para bancadas aeropônicas. A solução nutritiva utilizada foi a de Medeiros *et al.* (2002) adaptada por Factor *et al.* (2007), com a mesma duração de tempo de irrigação.

A colheita dos minitubérculos e dos microtubérculos foi realizada quando estes atingiram a massa requerida em cada tratamento, o que ocorreu a partir dos 40 DAP, ou seja, dia 14 de abril de 2019, e assim, sucessivamente a cada semana até a obtenção do número de batatas-sementes necessário para a instalação do experimento a campo. A batata-semente G1 foi obtida com o plantio dos minitubérculos do primeiro experimento. Após a colheita, tanto os minitubérculos da aeroponia, quanto os tubérculos G1 colhidos no campo, foram armazenados em câmara fria por 3 meses, em seguida, quando os tubérculos G1, os minitubérculos e os microtubérculos atingiram número de gemas apropriados para o plantio, realizou-se a instalação do experimento a campo.

### 3.2.5 Condução experimental

No dia 03 de setembro de 2019 realizou-se a preparação do local de plantio com a gradagem do solo, três dias depois, no dia 06 de setembro de 2019, o solo recebeu adubação de base que constou de 2500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 03-16-08 de NPK, correspondendo a 75 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio, 400 kg ha<sup>-1</sup> de Fósforo e 200 kg ha<sup>-1</sup> de Potássio. Logo em seguida, a plantadeira confeccionou os camaleões com altura de 35 cm para a realização do plantio manualmente.

As batatas-sementes não foram tratadas com produtos fitossanitários. Assim como o experimento I, também não houve necessidade de irrigar a cultura, em decorrência da precipitação pluvial ter sido satisfatória para o desenvolvimento da cultura (Figura 3).

O plantio foi realizado manualmente no dia 05 de outubro de 2019 (Fotografia 5). Não foi realizado qualquer tratamento fitossanitário durante a condução experimental. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, por meio de capinas.

Fotografia 5 – Plantio da área experimental no dia 05 de outubro de 2019. Fazenda Karimas, Maracanã, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

As variáveis analisadas foram as mesmas descritas no item 3.1.5. no experimento I. O índice de velocidade de emergência (IVE) a campo teve início no dia 14 de outubro de 2019 (10 DAP) e término no dia 14 de dezembro de 2019 (71 DAP), utilizando-se a mesma metodologia para sua determinação (MAGUIRE, 1962).

Para determinar o número de hastes emergidas por planta, foi realizada a contagem de quatro plantas por parcela (Fotografia 6), nos dias: 30 de outubro de 2019 (26 DAP), 09 de novembro de 2019 (36 DAP), 17 de novembro de 2019 (44 DAP) e 23 de novembro de 2019 (50 DAP).

Fotografia 6 – Plantas previamente demarcadas no centro da área útil para as análises. Fazenda Karimas, Maracaná, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

A altura das plantas foi mensurada com uma régua de madeira de 100 cm, no dia 23 de novembro (50 DAP) (Fotografia 7) e 14 de dezembro de 2019 (71 DAP) no último dia ambas no estágio fenológico de enchimento de tubérculos.

Fotografia 7 – Área experimental no dia 23 de novembro de 2019, aos 53 dias após o plantio. Fazenda Karimas, Maracaná, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

Na colheita, que se deu no dia 09 de fevereiro de 2020 (Fotografia 8), determinou-se o número e a massa de tubérculos por planta e a produtividade conforme descrito no item 3.1.5.

Fotografia 8 – Dia da colheita da área experimental, 09 de fevereiro de 2020. Fazenda Karimas, Maracanã, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

As avaliações fisiológicas foram realizadas das 13:00 às 16:00 horas em condições de pleno sol, na terceira ou quarta folha totalmente expandida a partir do ápice da planta, de duas plantas por parcela, no 85 DAP (28 de dezembro de 2019) (Fotografia 9), o que coincidiu com o estágio fenológico de enchimento dos tubérculos. Durante o período em que foram realizadas as avaliações das trocas gasosas, a temperatura do ar oscilou entre 25,3 e 29,2°C, a umidade relativa do ar média foi de 54,25%, a radiação global atingiu 3447,1 a 3538,8 W/m<sup>2</sup>, a velocidade do vento estava em 1 e 1,8 m s<sup>-1</sup> com rajadas de 4,4 a 6,2 m s<sup>-1</sup> (INMET, 2020a). As variáveis fisiológicas foram determinadas conforme descrição relatada no item 3.1., com exceção das variáveis carboxilação instantânea e eficiência de carboxilação instantânea.



Fotografia 9 – Área experimental no dia 28 de dezembro de 2019 (85 DAP) data das avaliações fisiológicas. Fazenda Karimas, Maracanã, distrito rural do município de Castro/PR, 2019.



Fonte: A autora.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos, em ambos os experimentos, para cada variável foram submetidos à análise da variância por meio dos softwares SPSS V20 (NIE *et al.*, 1968), Microsoft R (IHAKA; GENTLEMAN, 1993), e quando de significância para tratamentos se aplicou o teste de Tukey para comparação de médias.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 EXPERIMENTO I

A análise da variância revelou efeito significativo das massas de batatas-semente utilizadas para as variáveis índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta aos 50 e 81 dias após o plantio (AP 50 DAP, AP 81 DAP), e número de hastes por tubérculo (NHT) ( $p < 0,01$ ) (Tabela 4). Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis IVE e NHT foram altos (34,49 e 26,88%), o que segundo Pimentel Gomes (2009) demonstra baixa homogeneidade dos dados e alta variação ao acaso, já para as variáveis AP 50 DAP e AP 81 DAP os coeficientes de variação expressaram mediana precisão experimental (15,12 e 12,01%) (Tabela 5).

Tabela 4 – Resumo da análise da variância para as variáveis: índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia após o plantio (AP 50 DAP), altura de planta no 81º dia (AP 81 DAP) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | Quadrado médio (Q.M.) |                     |                     |                       |
|-------------------|----|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                   |    | IVE                   | AP 50 DAP           | AP 81 DAP           | NHT                   |
| Tratamentos (T)   | 6  | 6,0923**              | 1021,92**           | 1020,29**           | 0,61619**             |
| Blocos            | 3  | 0,8946 <sup>ns</sup>  | 14,51 <sup>ns</sup> | 11,74 <sup>ns</sup> | 0,19952 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 18 | 0,5825                | 14,01               | 16,26               | 0,1373                |

<sup>ns</sup>= não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

Os maiores IVEs foram observados quando se utilizou batatas-sementes com massas variando entre 7 a 50 g, pois não apresentaram diferenças significativas. A utilização de microtubérculos com massas de 0,5 a 1,0 g e < 0,5 g suscitou os menores valores para a variável IVE, o que relativamente à testemunha correspondeu à redução de 69,0 e 83,87% no índice (Tabela 5), demonstrando que os microtubérculos, provavelmente, não possuíam reservas e água em quantidades suficientes para manter a mesma velocidade na síntese de hormônios que as batatas-sementes maiores, como o ácido giberélico, responsável pela síntese de enzimas determinantes na degradação do amido, e conseqüentemente, pelo fornecimento de esqueletos carbônicos para o desenvolvimento das gemas, propiciando sua emergência (TAIZ *et al.*, 2017).

O estágio de desenvolvimento das gemas no momento do plantio pode ter influenciado, bem como o número de gemas por batata-semente, visto que, as de maior tamanho, de modo geral apresentam maior número de gemas, como mostra o número de hastes por tubérculo (NHT) (Tabela 5).

O desenvolvimento das gemas no solo, mesmo as batatas-sementes tendo sido mantidas na mesma profundidade de plantio, também pode ter influenciado, pois, as batatas-sementes de menor tamanho consequentemente tiveram suas gemas a uma profundidade maior, requerendo com isso, maior quantidade de reserva para que a plântula possa emergir.

Tabela 5 – Índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia (AP 50 DAP) (cm), altura de planta no 81º dia (AP 81 DAP) (cm) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Tratamentos                                  | IVE      | AP 50    | AP 81    | NHT     |
|--|----------|----------|----------|---------|
|  |          | DAP      | DAP      |         |
|  |          | (cm)     | (cm)     |         |
| T1 – Testemunha: 25 a 50 g (40 a 50 mm)      | 4,03 a   | 42,25 a  | 50,75 a  | 2,07 a  |
| T2 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 3,06 abc | 40,50 a  | 47,56 ab | 1,52 ab |
| T3 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 3,18 ab  | 35,25 ab | 42,69 ab | 1,57 ab |
| T4 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 2,00 bcd | 29,25 b  | 39,25 b  | 1,40 ab |
| T5 – Minitubérculos de 1 a 5 g               | 1,33 cd  | 14,75 c  | 28,27 c  | 1,07 b  |
| T6 – Microtubérculos de 0,5 a 1 g            | 1,25 d   | 8,50 cd  | 19,12 c  | 1,00 b  |
| T7 – Microtubérculos < 0,5 g                 | 0,65 d   | 2,75 d   | 7,35 d   | 1,00 b  |
| Médias                                       | 2,21     | 24,75    | 33,57    | 1,38    |
| CV (%)                                       | 34,49%   | 15,12%   | 12,01%   | 26,88%  |

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

Ao comparar a velocidade de emergência entre microtubérculos e minitubérculos, Ranalli *et al.* (1994) constataram retardo na emergência das plântulas oriundas de microtubérculos em relação às provenientes de minitubérculos, atribuindo o resultado ao fato dos microtubérculos com massas menores que 0,5 g desidratam rapidamente quando armazenados por grandes períodos, podendo apresentar menor vigor de crescimento.

Kawakami *et al.* (2004), obtiveram resultados similares para a velocidade de emergência de hastes ou plântulas provenientes de microtubérculos em relação às oriundas de tubérculos convencionais.

Para que as plantas atinjam a densidade populacional desejada, a batata-semente deve apresentar as condições necessárias, como o seu ótimo estado

fisiológico para a cultivar, época de plantio e condições edafoclimáticas, pois a rápida emergência das hastes é favorecida principalmente pelo ambiente (SOUZA, 2003).

Para a variável altura de plantas, tanto aos 50 como aos 81 dias após o plantio (DAP), não foram encontradas diferenças significativas, entre plantas oriundas das batatas-sementes com massas entre 7 e 50 g, sendo significativamente reduzida quando se utilizou batatas-sementes com massa menor que 7 g. A altura das plantas avaliada aos 50 DAP foi reduzida em 79,9 e 93,5%, correspondendo em valores absolutos à redução de 33,8 e 39,5 cm, quando da utilização de microtubérculos de 0,5 a 1 g e < 0,5 g em relação à utilização de minitubérculos de 25 a 50 g, e redução de 62,3% e 85,5 % (31,6 e 43,4 cm) quando avaliada aos 81 DAP. Desta forma, o estabelecimento da lavoura com microtubérculos foi comprometido.

Segundo Kawakami *et al.* (2003) a utilização de microtubérculos menores que 0,3 g pode ter efeito negativo no crescimento e desenvolvimento das plantas. Os resultados encontrados por Almeida *et al.* (2016) corroboram com os verificados neste estudo, dado que, as alturas de hastes foram obtidas ao utilizarem batatas-sementes de 28 a 35 mm e 35 a 45 mm com espaçamento de 15 cm.

Para a variável número de hastes por tubérculo (NHT) oriundas de minitubérculos com massas entre 5 e 50 g, não foram encontradas diferenças significativas. O NHT dos minitubérculos com massa de 1 a 5 g e dos microtubérculos foi menor devido ao pequeno tamanho da batata-semente utilizada nestes tratamentos, uma vez que o número de hastes está diretamente relacionado com o número de gemas e este com o tamanho da batata-semente.

Fortes e Pereira (2003) e Wróbel (2015) afirmam que geralmente quanto maior a massa do tubérculo, maior será o número de hastes por tubérculo, em virtude de possuírem maior número de gemas, variando porém, com a brotação, a idade fisiológica da batata-semente, com a região produtora e com as condições climáticas. Souza (2003) afirma que o maior número de hastes por tubérculo pode ser induzido pela utilização de batata-semente fisiologicamente mais velha.

Para as variáveis número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade, a análise da variância revelou efeito significativo para os tratamentos utilizados ( $p < 0,01$ ) (Tabela 6). Os coeficientes de variação ficaram entre 17,31 a 19,23%, demonstrando média precisão experimental (Tabela 7).

Tabela 6 – Resumo da análise da variância para as variáveis: número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | Quadrado médio (Q.M.) |                   |                       |
|-------------------|----|-----------------------|-------------------|-----------------------|
|                   |    | NTP                   | MTP               | PROD                  |
| Tratamentos (T)   | 6  | 4,5513**              | 32291**           | 224244249**           |
| Blocos            | 3  | 1,1235*               | 503 <sup>ns</sup> | 3492458 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 18 | 0,3249                | 428               | 2972370               |

<sup>ns</sup>= não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

O número de tubérculos por planta (NTP) não diferiu significativamente quando se utilizou batatas-sementes com massa entre 1 e 50 g. Ficou evidente a redução significativa do NTP quando se utilizou microtubérculos com massa < 0,5 g (Tabela 4). Quando comparados com a testemunha, a utilização de microtubérculos com massas de 0,5 a 1 g e < 0,5 g reduziu o NTP em 41,8 e 77,8%, equivalendo em termos absolutos a 1,66 e 3,09 tubérculos a menos por planta, respectivamente.

A colheita do experimento foi realizada aos 81 DAP devido ao plantio tardio do experimento, dessa maneira, considera-se que tenha sido realizada precocemente, uma vez que o ciclo da cultivar Atlantic pode chegar até os 110 DAP. Kawakami *et al.* (2003), não observaram diferenças significativas no número de tubérculos comercializáveis por m<sup>2</sup> em função do tamanho da batata-semente utilizada. Ainda segundo esses autores, a colheita precoce impede as plantas oriundas dos microtubérculos de atingirem o seu potencial produtivo máximo, pois altera o tempo de formação dos tubérculos.

Tabela 7 – Número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Tratamentos                                  | NTP     | MTP<br>(g) | PROD<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|--|---------|------------|--------------------------------|
|  |         |            |                                |
| T1 – Testemunha: 25 a 50 g (40 a 50 mm)      | 3,97 a  | 230,55 a   | 19.212,85 a                    |
| T2 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 3,59 ab | 210,59 ab  | 17.549,00 ab                   |
| T3 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 3,63 ab | 171,71 bc  | 14.309,45 bc                   |
| T4 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 3,41 ab | 131,24 c   | 10.936,45 c                    |
| T5 – Minitubérculos de 1 a 5 g               | 2,97 ab | 56,30 d    | 4.691,67 d                     |

Tabela 7 – Número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020. (conclusão)

| Tratamentos                       | NTP    | MTP      | PROD                   |
|-----------------------------------|--------|----------|------------------------|
|                                   |        | (g)      | (kg ha <sup>-1</sup> ) |
| T6 – Microtubérculos de 0,5 a 1 g | 2,31 b | 32,60 de | 2.716,67 de            |
| T7 – Microtubérculos < 0,5 g      | 0,88 c | 3,76 e   | 312,93 e               |
| Médias                            | 2,97   | 119,54   | 9.961,29               |
| CV (%)                            | 19,23% | 17,31%   | 17,31%                 |

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

A massa de tubérculos por planta (MTP) e a produtividade (PROD) foram significativamente reduzidas quando da utilização de minitubérculos menores que 15 g (Tabela 4). A redução na MTP e na produtividade foi de 58,84 g e 4.903,4 kg ha<sup>-1</sup> quando da utilização de minitubérculos com massa de 7 a 15 g em relação à utilização de batatas-sementes com massas variando de 25 a 50 g utilizadas como testemunha (Tabela 7). As maiores reduções na MTP e na produtividade foram de 226,79 g e 18.899,92 kg ha<sup>-1</sup>, quando da utilização de microtubérculos com massa < 0,5 g em relação à testemunha, correspondendo à diminuição relativa de 98,4% (Tabela 7).

Estes resultados corroboram com os estudos de Wróbel (2015) e Ranalli *et al.* (1994) de que o uso de microtubérculos resulta em tubérculos com menores massas, consequentemente em menores valores de massa de tubérculos por planta, quando comparados aos valores obtidos por meio do uso de minitubérculos para o estabelecimento da lavoura.

A produtividade obtida com o plantio dos microtubérculos com massas ≤ 0,5 g foi extremamente baixa, porém a produtividade obtida utilizando-se minitubérculos com massas de 25 a 50 g, a maior massa de batata-semente utilizada, também foi reduzida, e quando comparada com a média da produtividade paranaense para a safra da seca (2ª safra) no ano de 2019, mesma safra na qual decorria o experimento, a produtividade foi de 25.331 kg ha<sup>-1</sup>, uma redução de 6.118,18 kg ha<sup>-1</sup> equivalente a 24,2%. As produtividades obtidas com a utilização dos minitubérculos de 1 a 5 g, e dos microtubérculos de 0,5 a 1 g e ≤ 0,5 g foram as piores, com redução de 20.639,33; 22.614,33 e 25.018,07 kg ha<sup>-1</sup> (81,5, 89,3 e 98,8%) quando comparada com a produtividade paranaense.

A média da produtividade brasileira no ano de 2018, foi de 30.264 kg ha<sup>-1</sup>, mais alta pois, foi considerada todas as safras de plantio, incluindo a produtividade da safra das águas que geralmente é maior quando comparada às demais (SEAB, 2020).

Um dos fatores que pode explicar as baixas produtividades, está relacionado à não utilização de tratamentos fitossanitários tanto nas batatas-sementes antes do plantio, quanto durante o ciclo da cultura, bem como adubação complementar, pela dificuldade de acesso com o veículo de adubação e pulverizações. A produtividade e a massa total de tubérculos por planta, podem ser influenciadas significativamente pela combinação da escolha do tamanho da batata-semente e da cultivar (FULLADOLSA *et al.*, 2018).

A análise da variância revelou efeito significativo das massas de batata-semente utilizadas, tanto para a variável taxa de assimilação líquida de carbono (A), ( $p > 0,05$ ), quanto para as variáveis condutância estomática (gs) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) ( $p < 0,01$ ) (Tabela 8). Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis foram acima de 20% (Tabela 9), demonstrando baixa precisão experimental, o que segundo Pimentel Gomes (2009) significa que os dados obtidos são heterogêneos, com maior dispersão de dados em torno da média.

Tabela 8 – Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (gs), e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | Quadrado médio (Q.M.) |                          |                      |
|-------------------|----|-----------------------|--------------------------|----------------------|
|                   |    | A                     | gs                       | Ci                   |
| Tratamentos (T)   | 6  | 27,1285*              | 0,00225666**             | 4044,0**             |
| Blocos            | 3  | 17,1960 <sup>ns</sup> | 0,00036599 <sup>ns</sup> | 1035,4 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 18 | 8,7796                | 0,00030725               | 947,3                |

<sup>ns</sup>= não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

A taxa de assimilação líquida de carbono (A) não diferiu significativamente entre as plantas provenientes de batatas-sementes com massas entre 0,5 e 50 g, diferindo somente das oriundas de microtubérculos com massas inferiores a 0,5 g, apresentando diferença de 2,98  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , equivalendo a 23,9% (Tabela 6) quando comparados com os tubérculos utilizados como testemunha de 25 a 50 g. A taxa de assimilação líquida de carbono é referida como fotossíntese líquida, ou seja, o total de carbono fixado e reduzido (fotossíntese bruta) menos o consumido pelos

processos oxidativos ou catabólicos, dados pelos processos de respiração e fotorrespiração (MAJEROWICZ, 2013, TAIZ *et al.*, 2017).

Tabela 9 – Taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (gs), e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Tratamentos                                  | A   |    | gs  |    | Ci  |    |
|--|---|----|---|----|---|----|
|  | (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |    | (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |    | (μmol CO <sub>2</sub> mol <sup>-1</sup> ) |    |
| T1 – Testemunha: 25 a 50 g (40 a 50 mm)      | 12,45   | ab | 0,07  | b  | 72,70                                     | ab |
| T2 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 17,15   | a  | 0,12  | a  | 127,22                                    | a  |
| T3 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 14,41   | ab | 0,09  | ab | 119,25                                    | a  |
| T4 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 10,84   | ab | 0,05  | b  | 65,55                                     | ab |
| T5 – Minitubérculos de 1 a 5 g               | 14,50   | ab | 0,07  | b  | 38,54                                     | b  |
| T6 – Microtubérculos de 0,5 a 1 g            | 11,64   | ab | 0,06  | b  | 72,57                                     | ab |
| T7 – Microtubérculos < 0,5 g                 | 9,47  | b  | 0,05  | b  | 63,87                                     | ab |
| Médias                                       | 12,92   |    | 0,07  |    | 79,96                                     |    |
| CV (%)                                       | 22,93%  |    | 23,21%  |    | 38,49%                                    |    |

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

Os maiores valores apresentados para a variável condutância estomática (gs), foram das plantas oriundas de tubérculos com massa de 15 a 25 g e minitubérculos de 7 a 15 g, pois não diferiram significativamente (Tabela 9). A redução na gs tem efeito direto sobre a incorporação de carbono, reduzindo a fotossíntese líquida (A), resultando em diminuições significativas na produtividade, o que pode ser observado na Tabela 7.

As diferenças entre a fotossíntese líquida (A) e condutância estomática (gs) não foi observada entre os tratamentos utilizados, pois uma variável está relacionada com a outra. Ressalta-se que foi realizada somente uma leitura, aos 73 DAP, porém o aumento no número de avaliações em diferentes estádios de desenvolvimento poderia fornecer maior segurança nas justificativas. Vários são os fatores que podem afetar o fechamento parcial dos estômatos, tais como disponibilidade de água, temperatura, intensidade luminosa e concentração interna de CO<sub>2</sub> (PIMENTA, 2013), entretanto, neste estudo e no momento das avaliações estes fatores não variaram intensamente.

De acordo com Kaminski *et al.* (2014), quando as plantas de batata são expostas a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) de 1000 mmols de fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, a condutância estomática fica em torno de 0,14 a 0,17 mol



$\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , confirmando os resultados encontrados neste experimento para a exposição das plantas de batata a um DFFFA de 1200 mmols de fótons  $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  com resultados de 0,05 a 0,12 mol  $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

A concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) diferiu significativamente somente do valor médio obtido quando da utilização de minitubérculos de 1 a 5 g, diferença de 34,16  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$  (47%) quando comparado com o valor médio obtido das plantas oriundas dos tubérculos utilizados como testemunha, com massas de 25 a 50 g (Tabela 6). Quando a  $C_i$  aumenta, ocorre aumento na A e diminuição na gs em plantas  $C_3$  (KAMINSKI *et al.*, 2014).

Com o aumento gradual da  $C_i$  de 380 ppm para 700 ppm, em ambiente controlado, Kaminski *et al.* (2014) observaram que os tubérculos de batatas aumentaram significativamente a A em 62%, diminuindo a taxa de transpiração (E) em 19% e a gs em 21%, fato que não ocorreu neste experimento, pois a utilização de minitubérculos com massa de 15 a 25 g, tiveram a  $C_i$ , aumentando a fotossíntese líquida, porém aumentando a gs e a taxa de transpiração, e não diminuindo, diferentemente do que afirmam os autores. Testando concentrações elevadas de  $\text{CO}_2$ , Kaminski *et al.* (2014) observaram que a produtividade dos tubérculos dobrou em apenas 2 semanas de tratamento.

Para as variáveis taxa de transpiração (E), eficiência de carboxilação instantânea ( $EC_i$ ), a análise da variância revelou efeito significativo das massas de batata-semente utilizadas, porém para a variável eficiência do uso da água (EUA), o efeito não foi significativo (Tabela 10). Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis, demonstram baixa precisão experimental (Tabela 11).

Tabela 10 – Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA), eficiência de carboxilação instantânea ( $EC_i$ ), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | Quadrado médio (Q.M.) |                      |                        |
|-------------------|----|-----------------------|----------------------|------------------------|
|                   |    | E                     | EUA                  | $EC_i$                 |
| Tratamentos (T)   | 6  | 1,17175**             | 2,7187 <sup>ns</sup> | 0,040579*              |
| Blocos            | 3  | 0,43159 <sup>ns</sup> | 3,0444 <sup>ns</sup> | 0,028096 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 18 | 0,19603               | 1,8048               | 0,010589               |

<sup>ns</sup>= não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

As maiores taxas de transpiração (E) foram observadas em plantas oriundas de tubérculos com massas de 15 a 25 g, minitubérculos de 7 a 15 g e 1 a 5 g, apresentando respectivamente valores de 1,55, 1,07 e 0,54 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> superiores a menor média encontrada, a qual foi em plantas provenientes de microtubérculos com massa < 0,5 g (Tabela 11). Kaminski *et al.* (2014), observou que as taxas de transpiração variam de 1,23 a 1,60 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, porém neste experimento foram obtidas taxas de transpiração elevadas de aproximadamente 3 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Tabela 11 – Taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação instantânea (ECi), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Tratamentos                                  | E  |     | EUA                       |   | ECi  |    |
|--|--|-----|---------------------------|---|--|----|
|  | (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |     | (mmol mol <sup>-1</sup> ) |   | (mol <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |    |
| T1 – Testemunha: 25 a 50 g (40 a 50 mm)      | 1,82   | bc  | 6,86                      | a | 0,22   | ab |
| T2 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 2,95   | a   | 5,85                      | a | 0,14   | b  |
| T3 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 2,47   | ab  | 5,87                      | a | 0,12   | b  |
| T4 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 1,59   | bc  | 6,80                      | a | 0,18   | ab |
| T5 – Minitubérculos de 1 a 5 g               | 1,94   | abc | 7,48                      | a | 0,41   | a  |
| T6 – Microtubérculos de 0,5 a 1 g            | 1,72   | bc  | 6,83                      | a | 0,20   | ab |
| T7 – Microtubérculos < 0,5 g                 | 1,40   | c   | 5,08                      | a | 0,13   | b  |
| Médias                                       | 13,89  |     | 6,40                      |   | 0,20   |    |
| CV (%)                                       | 22,31%   |     | 21,01%                    |   | 50,86%   |    |

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

A variável eficiência no uso da água (EUA) não foi influenciada pelos tratamentos utilizados, ou seja, pela categoria de massa de batatas-sementes utilizadas, apresentando média de 6,40 mmol mol<sup>-1</sup> (Tabela 8). A eficiência do uso da água é a razão entre a quantidade assimilada de CO<sub>2</sub> (A) e a quantidade de água transpirada (E) pela planta (MAJEROWICZ, 2013). A eficiência do uso da água pode melhorar conforme a concentração interna de CO<sub>2</sub> aumenta, ocorrendo ganho de carbono fotossintético, e diminuição da gs e a E (KAMINSKI *et al.*, 2014).

As plantas mais eficientes na carboxilação instantânea (ECi) foram as plantas oriundas dos tubérculos com massas de 25 a 50 g, minitubérculos de 1 a 7 g e microtubérculos de 0,5 a 1 g, pois produziram mais esqueletos carbônicos, com menor consumo de carbono, diferindo significativamente apenas da eficiência das plantas oriundas dos tubérculos com massas de 7 a 25 g e dos microtubérculos com massas

inferiores a 0,5 g, porém este fato não repercutiu na produtividade do tratamento utilizado.

As taxas de assimilação líquida de carbono e concentração interna de CO<sub>2</sub>, resultantes das plantas oriundas de tubérculos com massas de 15 a 50 g não diferiram significativamente, bem como as produtividades oriundas destes tratamentos. Resultados como esse mostram que um aumento da concentração de CO<sub>2</sub> pode melhorar as produções agrícolas, pois a produtividade obtida com o experimento aumentou quando as taxas de assimilação líquida de carbono aumentaram, uma das hipóteses é de que a disponibilidade de sacarose aumenta sob altas concentrações de CO<sub>2</sub>, acelerando a atividade dos órgãos de reserva melhorando a produtividade (TEMMERMAN; VANDERMEIREN; OIJEN, 2007).

#### 4.2 EXPERIMENTO II

Neste experimento o tratamento microtubérculos < 0,5 g, foi excluído e incluído o tratamento batatas-sementes multiplicadas a campo, denominadas tubérculos G1, com massa 25 a 50 g, para avaliar a influência da degenerescência.

A análise da variância revelou efeito significativo das massas de batatas-semente utilizadas para as variáveis índice de velocidade de emergência, altura de plantas aos 50 dias, número de hastes por tubérculo e altura das plantas aos 71 dias (Tabela 12), apresentando altos coeficientes de variação, denotando baixa precisão experimental e alta variação ao acaso (Tabela 13) (PIMENTEL GOMES, 2009).

Tabela 12 – Resumo da análise da variância para as variáveis: índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia (AP 50 DAP), altura de planta no 71º dia (AP 71 DAP) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | IVE                   | AP 50 DAP | AP 71 DAP | NHT                   |
|-------------------|----|-----------------------|-----------|-----------|-----------------------|
|                   |    |                       | (cm)      | (cm)      | (un)                  |
| Tratamentos (T)   | 6  | 2,90246**             | 684,30**  | 262,71*   | 0,47619**             |
| Blocos            | 3  | 0,51293 <sup>ns</sup> | 287,12*   | 500,11**  | 0,05060 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 18 | 0,20873               | 60,76     | 89,11     | 0,07143               |

<sup>ns</sup>= não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

Os maiores índices de velocidade de emergência foram resultantes da utilização de minitubérculos oriundos do sistema de produção aeropônico com massas

entre 50 e 7 g. Não obstante, a diferença no IVE com a utilização de batatas-sementes multiplicadas a campo foi de 359,77% em relação ao uso de batatas-sementes oriundas de aeroponia com a mesma massa de 25 a 50 g. No início do estágio de emergência de plântulas, a única energia provém do tubérculo mãe, pois a fotossíntese destas plântulas ainda não teve início (SOUZA, 2003).

A reserva dos microtubérculos não foi capaz de estabelecer um tamanho adequado de plantas para que estas desenvolvessem sua própria capacidade fotossintética até o final do ciclo da cultura, porém apesar da massa dos microtubérculos ser extremamente pequena, quando comparados com os tubérculos G1 de massa 25 a 50 g, o índice de velocidade de emergência também foi extremamente baixo, ao contrário do que verificaram Fulladolsa *et al.* (2018), de que as plantas dos minitubérculos emergem mais tarde do que as plantas das sementes convencionais.

Os resultados encontrados entre os microtubérculos com massa < 1 g e os tubérculos G1, corroboram com os estudos de Kawakami *et al.* (2004) de que os microtubérculos não diferiram na emergência dos tubérculos convencionais, quando houve esta diferença ela não foi superior a 4 dias. Contudo, em seus estudos Ebrahim, Mohammed e Ayalew (2018) verificaram que o índice de velocidade de emergência para as plantas oriundas de batata-semente com diâmetro de 46 a 55 mm é maior, devido às quantidades de reservas armazenadas serem capaz de fornecer quantidade ideal de carboidrato para as novas plântulas, contrariando os resultados obtidos para o tratamento da testemunha de batata-semente G1 com massas de 25 a 50 g, cujo índice obtido foi de 0,87.

Tabela 13 – Índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia (AP 50 DAP), altura de planta no 71º dia (AP 71 DAP) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

(continua)

| Tratamentos                                  | IVE     | AP 50    | AP 71   | NHT      |
|--|---------|----------|---------|----------|
|  |         | DAP      | DAP     |          |
|  |         | (cm)     | (cm)    |          |
| T1 – Testemunha (G1) 25 a 50 g (40 a 50 mm)  | 0,87 c  | 12,50 c  | 53,69 a | 1,19 bc  |
| T2 – Testemunha 25 a 50 g (40 a 50 mm)       | 3,13 a  | 42,56 a  | 54,75 a | 1,81 a   |
| T3 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 2,61 a  | 37,27 a  | 58,44 a | 1,75 ab  |
| T4 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 2,14 ab | 39,81 a  | 60,06 a | 1,31 abc |
| T5 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 1,50 bc | 36,35 ab | 56,94 a | 1,00 c   |

Tabela 14 – Índice de velocidade de emergência (IVE), altura de planta no 50º dia (AP 50 DAP), altura de planta no 71º dia (AP 71 DAP) e número de hastes por tubérculo (NHT) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Tratamentos                    | IVE     | AP 50    | AP 71   | NHT    |
|--------------------------------|---------|----------|---------|--------|
|                                |         | DAP      | DAP     |        |
|                                |         | (cm)     | (cm)    |        |
| T6 – Minitubérculos de 1 a 5 g | 1,33 bc | 18,75 bc | 43,00 a | 1,00 c |
| T7 – Microtubérculos < 1 g     | 1,01 c  | 13,96 c  | 38,87 a | 1,06 c |
| Médias                         | 1,80    | 28,74    | 52,25   | 1,30   |
| CV (%)                         | 25,38%  | 27,12%   | 18,07%  | 20,50% |

(conclusão)

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

As maiores alturas de planta de batata aos 50 DAP foram alcançadas quando se utilizou minitubérculos com massas de 5 a 50 g, reduzindo significativamente quando da utilização de minitubérculos com massas de 1 a 5 g, microtubérculos com massas < 1 g e também da testemunha tubérculos G1 com massas de 25 a 50 g (Tabela 13). Ao comparar a altura das plantas oriundas dos tubérculos aeropônicos com massas de 25 a 50 g utilizados como testemunha, com as plantas oriundas dos microtubérculos < 1 g e dos tubérculos G1 de 25 a 50 g a diferença foi de 30,06 e 28,6 cm (70,6 e 67,2%).

Apesar da diferença encontrada para a variável altura de planta aos 50 DAP, aos 71 DAP não houve diferença estatística significativa, para os tratamentos utilizados, resultados que não corroboram com Ebrahim, Mohammed e Ayalew (2018) e Nasir e Akassa (2018), de que o plantio de batatas-sementes maiores com 46 a 55 mm, que correspondem aos tubérculos com massas de 25 a 50 g e diâmetro de 40 a 50 mm, originam plantas mais altas e batatas-sementes menores com 25 a 34 mm, que correspondem aos minitubérculos com massas de 7 a 15 g e diâmetro de 23 a 30 mm, originam plantas mais baixas.

Para a variável número de hastes (NHT), não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os tubérculos aeropônicos com massas entre 25 a 50 g utilizadas como testemunha, e os minitubérculos com massas entre 7 a 25 g. O número de hastes das plantas oriundas dos microtubérculos com massa < 1 g, não apresentaram diferença significativa quando comparados com aquelas oriundas dos minitubérculos com massas de 15 a 1 g e também, com os tubérculos G1 multiplicados em campo, utilizados como testemunha, com massas de 25 a 50 g, diferentemente do que afirmam Fortes e Pereira (2003), Ebrahim, Mohammed e

Ayalew (2018) e Nasir e Akassa (2018) que quanto maior a massa do tubérculo, maior será o número de hastes devido ao maior número de gemas que originaram os brotos e conseqüentemente as hastes.

Para as variáveis massa de tubérculos por planta e produtividade, a análise da variância revelou efeito significativo das massas de batata-semente utilizadas ( $p < 0,01$ ), não revelando para a variável número de tubérculos por planta (Tabela 14). Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis demonstram baixa precisão experimental (Tabela 15).

Tabela 15 – Resumo da análise da variância para as variáveis: número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | Quadrado médio (Q.M.) |                     |                         |
|-------------------|----|-----------------------|---------------------|-------------------------|
|                   |    | NTP                   | MTP                 | PROD                    |
| Tratamentos (T)   | 6  | 1,05525 <sup>ns</sup> | 78300 <sup>**</sup> | 454740048 <sup>**</sup> |
| Blocos            | 3  | 2,12407 <sup>ns</sup> | 21121 <sup>ns</sup> | 156664187 <sup>*</sup>  |
| Resíduo           | 18 | 0,78813               | 8927                | 45045382                |

<sup>ns</sup>= não significativo; <sup>\*</sup>significativo a 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

Com relação à variável número de tubérculos por planta (NTP) obtidos na colheita, não foram encontradas diferenças significativas, corroborando com os estudos de Kawakami *et al.* (2003), visto que não observaram diferenças significativas no NTP entre as plantas provenientes de microtubérculos e tubérculos convencionais. Entretanto, de acordo com Ebrahim, Mohammed e Ayalew (2018) e Nasir e Akassa (2018), o NTP variou conforme o tamanho da batata-semente, sendo que quanto maior a batata-semente, maior o NTP.

Tabela 16 – Número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

(continua)

| Tratamentos                                  | NTP    | MTP        |                        | PROD         |
|--|--------|------------|------------------------|--------------|
|  |        | (g)        | (kg ha <sup>-1</sup> ) |              |
| T1 – Testemunha (G1) 25 a 50 g (40 a 50 mm)  | 3,72 a | 293,00 bc  |                        | 24.416,88 b  |
| T2 – Testemunha 25 a 50 g (40 a 50 mm)       | 4,53 a | 564,04 a   |                        | 47.002,97 a  |
| T3 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 4,13 a | 300,11 bc  |                        | 25.009,06 b  |
| T4 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 4,66 a | 506,68 ab  |                        | 42.223,36 a  |
| T5 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 3,25 a | 381,97 abc |                        | 31.830,57 ab |

Tabela 15 – Número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP) e produtividade (PROD) em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.  
(conclusão)

| Tratamentos                    | NTP    | MTP      | PROD                   |
|--------------------------------|--------|----------|------------------------|
|                                |        | (g)      | (kg ha <sup>-1</sup> ) |
| T6 – Minitubérculos de 1 a 5 g | 3,66 a | 254,72 c | 21.226,72 b            |
| T7 – Microtubérculos < 1 g     | 3,66 a | 173,00 c | 19.633,98 b            |
| Médias                         | 3,94   | 353,36   | 30.191,93              |
| CV (%)                         | 22,52% | 26,74%   | 22,23%                 |

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

A massa de tubérculos por planta (MTP) oriunda do plantio de tubérculos produzidos em aeroponia com massa de 25 a 50 g, e dos minitubérculos com massas de 5 a 15 g, não apresentaram diferença significativa, diferindo significativamente apenas da massa dos tubérculos por planta da colheita oriunda dos minitubérculos com massas de 1 a 5 g e microtubérculos com massas < 1 g, com uma diferença de 54,8% e 69,3% respectivamente, quando comparados com os tubérculos aeropônicos utilizados como testemunha. Estes resultados concordam com os estudos de Wróbel (2015) e Ranalli *et al.* (1994) de que o plantio de microtubérculos originam menor massa por tubérculos.

Dagne, Dechassa e Mohammed (2018), obtiveram em seus estudos, maior massa de tubérculos por planta de 119,61 g, com a utilização de batata-semente de tamanho médio entre 35 a 45 mm, com espaçamento de 75 x 30 cm, porque segundo eles, as plantas tinham um número ideal de hastes com menor competição entre as plantas por recursos devido ao espaçamento, porém neste experimento, corresponde aos tubérculos com massas de 15 a 25 g e 30 a 40 mm de diâmetro e espaçamento de plantio de 80 x 15 cm, cujo resultado foi de 263,93 g (46,8%) de diferença quando comparado com os tubérculos aeropônicos de 25 a 50 g utilizados como testemunha.

A diferença entre a produtividade obtida em função da utilização de batata-semente com a mesma massa de 25 a 50 g, mas oriunda de sistemas de produção diferentes foi de 22.856,09 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, de 48,1% quando da utilização de batatas-sementes oriundas de aeroponia em relação à de multiplicação a campo (Tabela 15). Entretanto, a produtividade não diferiu significativamente quando se utilizou batatas-sementes de massas entre 25 a 50 g e 5 a 15 g.

A produtividade obtida com o plantio dos microtubérculos com massa < 1 g, não diferiu significativamente da produtividade resultante do plantio de tubérculos G1

com massa 25 a 50 g, bem como dos tubérculos aeropônicos com massas de 15 a 25 g e 1 a 5 g, cujos resultados obtidos não corroboram com os resultados de Kawakami *et al.* (2003) de que a produtividade obtida com o plantio dos microtubérculos foi de 18% a menos do que a produtividade obtida com o plantio de tubérculos convencionais. Dagne, Dechassa e Mohammed (2018), testaram tubérculos de 25 a 34 mm (correspondendo neste experimento, aproximadamente aos tubérculos com massas de 7 a 15 g e diâmetro de 23 a 30 mm) e concluíram que com a utilização de tubérculos menores a população das plantas é inadequada, resultando em baixos rendimentos após a colheita.

De acordo com Dagne, Dechassa e Mohammed (2018) e Ebrahim, Mohammed e Ayalew (2018), a produtividade pode ser determinada de acordo com o número de gemas, hastes e a quantidade de reserva presente na batata-semente, como consequência, batatas-sementes maiores resultam em maiores produtividades.

Para Almeida *et al.* (2016), as maiores produtividades são alcançadas com o plantio de batatas-sementes com tamanho de 35 a 45 mm, (que corresponde aproximadamente ao tratamento de tubérculos com massas de 15 a 25 g e diâmetro de 30 a 40 mm), em espaçamento de 30 cm, com produtividade de 16,34 t ha<sup>-1</sup>. De acordo com Fulladolsa *et al.* (2018), o rendimento de plantas cultivadas no campo a partir de microtubérculos e minitubérculos é menor do que o de plantas cultivadas a partir de sementes convencionais.

Comparando a média paranaense de produtividade da cultura da batata, no ano de 2019 que foi de 29.822 kg ha<sup>-1</sup> para a safra das águas (1ª safra), mesma safra na qual decorria o experimento, com as produtividades obtidas, estas foram satisfatórias principalmente para os resultados dos tratamentos que ficaram acima da média com as massas de tubérculos aeropônicos de 25 a 50 g, 7 a 15 g e minitubérculos aeropônicos com massas de 5 a 7 g, com diferenças de produtividades de 17.180,97, 12.401,36 e 2.008,57 kg ha<sup>-1</sup> (57,6; 41,6 e 6,7%) respectivamente (SEAB, 2020).

Não houve efeito significativo das massas de batata-semente utilizadas, para as variáveis taxa de assimilação líquida de carbono (A) e condutância estomática (gs) (Tabela 16), apresentando altos coeficientes de variação, em outras palavras, baixa precisão experimental (Tabela 17).



Tabela 17 – Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de assimilação líquida de carbono (A) e condutância estomática (gs), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | Quadrado médio (Q.M.) |                          |
|-------------------|----|-----------------------|--------------------------|
|                   |    | A                     | gs                       |
| Tratamentos (T)   | 6  | 21,410 <sup>ns</sup>  | 0,00037959 <sup>ns</sup> |
| Blocos            | 3  | 32,505 <sup>ns</sup>  | 0,00250025 <sup>**</sup> |
| Resíduo           | 18 | 20,509                | 0.00039460               |

<sup>ns</sup>= não significativo; <sup>\*</sup>significativo a 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

Não foram encontradas diferenças significativas para as variáveis taxa de assimilação líquida de carbono e condutância estomática, em função das massas das batatas-sementes utilizadas (Tabela 17). Para fornecer maior segurança com relação às justificativas, seria necessário um aumento no número de avaliações em diferentes estádios de desenvolvimento, ressaltando-se que foi realizada somente uma leitura, aos 85 DAP.

A taxa de assimilação líquida de carbono é referida como fotossíntese líquida, ou seja, o total de carbono fixado e reduzido (fotossíntese bruta) menos o consumido pelos processos oxidativos ou catabólicos, dados pelos processos de respiração e fotorrespiração (MAJEROWICZ, 2013, TAIZ *et al.*, 2017). Taxas elevadas de fotossíntese podem se estabilizar em condições ambientais, quando a condutância estomática é reduzida (MACKERRON, 2007).

Tabela 18 – Taxa de assimilação líquida de carbono (A) e condutância estomática (gs), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Tratamentos                                  | A   |   | gs  |   |
|--|---|---|---|---|
|  | (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |   | (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |   |
| T1 – Testemunha (G1) 25 a 50 g (40 a 50 mm)  | 14.95   | a | 0,072   | a |
| T2 – Testemunha 25 a 50 g (40 a 50 mm)       | 9.67  | a | 0,049   | a |
| T3 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 7.55  | a | 0,044   | a |
| T4 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 9.96  | a | 0,051   | a |
| T5 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 8.78  | a | 0,043   | a |
| T6 – Minitubérculos de 1 a 5 g               | 10.58   | a | 0,054   | a |
| T7 – Microtubérculos < 1 g                   | 10.24   | a | 0,050   | a |
| Médias                                       | 10,25   |   | 0,052   |   |
| CV (%)                                       | 44,21%  |   | 38,36%  |   |

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

Para as variáveis taxa de transpiração e eficiência do uso da água, a análise da variância revelou efeito não significativo (Tabela 18). Os coeficientes de variação obtidos para as variáveis: taxa de transpiração e eficiência do uso da água demonstram precisão experimental baixa (Tabela 19).

Tabela 19 – Resumo da análise da variância para as variáveis: taxa de transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Causa da variação | GL | Quadrado médio (Q.M.) |                       |
|-------------------|----|-----------------------|-----------------------|
|                   |    | E                     | EUA                   |
| Tratamentos (T)   | 6  | 0,7135 <sup>ns</sup>  | 0,68398 <sup>ns</sup> |
| Blocos            | 3  | 3,9626*               | 0,90716 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 18 | 0,9850                | 0,60012               |

<sup>ns</sup>= não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade. Fonte: A autora.

A taxa de transpiração é alterada, quando a variação na condutância estomática causa mudança no potencial de água das folhas (FARQUHAR; SHARKEY, 1982), dessa maneira a proporção ideal de entrada de CO<sub>2</sub> e saída de água pela transpiração é essencialmente regulada pela condutância estomática.

Tabela 20 – Taxa de transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), em função das massas das batatas-sementes. Castro, 2020.

| Tratamentos                                  | E  | EUA                       |
|--|--|---------------------------|
|  | (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) | (mmol mol <sup>-1</sup> ) |
| T1 – Testemunha (G1) 25 a 50 g (40 a 50 mm)  | 3,71 a   | 4,15 a                    |
| T2 – Testemunha 25 a 50 g (40 a 50 mm)       | 2,72 a   | 3,45 a                    |
| T3 – Tubérculos de 15 a 25 g (30 a 40 mm)    | 2,53 a   | 2,92 a                    |
| T4 – Minitubérculos de 7 a 15 g (23 a 30 mm) | 3,05 a   | 3,23 a                    |
| T5 – Minitubérculos de 5 a 7 g (< 23 mm)     | 2,48 a   | 3,09 a                    |
| T6 – Minitubérculos de 1 a 5 g               | 3,02 a   | 3,64 a                    |
| T7 – Microtubérculos < 1 g                   | 2,73 a   | 3,41 a                    |
| Médias                                       | 2,89   | 3,65                      |
| CV (%)                                       | 34,34%   | 22,48%                    |

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: A autora.

Quando a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> aumenta, a eficiência do uso da água também aumenta dependendo do estágio no qual a planta se encontra, esse fato pode ser observado com a utilização dos tubérculos G1 com massas de 25 a 50 g, que

apesar de não apresentarem diferenças significativas, obtiveram uma eficiência no uso da água ligeiramente maior que os demais tratamentos (Tabela 19), bem como a maior taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (Tabela 17). Para as produções agrícolas, esse efeito pode ser benéfico, pelas condições climáticas das quais as culturas de hoje estão expostas, como temperaturas mais altas, estresses hídricos e aumento da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> (TEMMERMAN; VANDERMEIREN; OIJEN, 2007).

## 5 CONCLUSÕES

### Experimento I

A utilização de microtubérculos (0,5 a 1,0 g e < 0,5 g) provenientes de aeroponia reduziu significativamente o desenvolvimento da cultura da batata cultivar Atlantic, e conseqüentemente sua produtividade. As maiores massas de tubérculos por planta e as produtividades foram obtidas com a utilização de batatas-sementes com massas de 15 a 50 g, sendo reduzida quando se utilizou batatas-sementes com massas menores que 15 g. Apesar deste fato, até a melhor produtividade obtida, ainda ficou abaixo da média de produtividade paranaense no mesmo período.

### Experimento II:

A utilização de minitubérculos com massas de 25 a 50 g proveniente de aeroponia, aumentou a produtividade da cultura da batata em 48,05% em comparação à proveniente de multiplicação a campo (G1) com a mesma massa. As maiores produtividades foram alcançadas quando se utilizou batatas-sementes aeropônicas com massas de 25 a 50 g e 5 a 15 g. A produtividade obtida com os microtubérculos com massas < 1 g foi a mesma de quando se utilizou tubérculos G1, comprovando que os tubérculos que são multiplicados à campo, sofrem degenerescência, mesmo na primeira geração de propagação.

O menor tamanho de batata-semente seguro para o produtor, e que garanta um estabelecimento de lavoura adequado e conseqüentemente uma boa produtividade, são os minitubérculos com massas de 5 a 7 g, para tanto, mais estudos devem ser realizados para que os minitubérculos < 5 g e os microtubérculos possam ser utilizados pelos produtores com a segurança de bons resultados na colheita.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. M. de.; SÁNCHEZ, J. A.; LA NOVAL, W. T. de; RODRÍGUEZ, J. A. C. Effects of different plant spacings and seed tuber sizes on some morpho-productive characteristics of potato in Huambo, Angola. **Cultivos Tropicales**, v. 37, n. 2, p. 88-95, 2016.
- BUCKSETH, T.; SHARMA, A.; PANDEY, K. K.; MUTHURAJ, R.; SINGH, B. P. Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics - A review. **Scientia Horticulturae**, v. 204, p. 79–87, 2016.
- BURGOS, G.; FELDE, T. Z.; ANDRE, C.; KUBOW, S. The Potato and Its Contribution to the Human Diet and Health. *In*: CAMPOS, H.; ORTIZ, O. **The Potato Crop – Its Agricultural, Nutricional and Social Contribution to Humankind**. Peru: Springer, p. 37-74, 2020.
- BURLINGAME, B.; MOUILLE, B.; CHARRONDIERE, R. Nutrients, bioactive nonnutrients and anti-nutrients in potatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, n. 6, p. 494-502, 2009.
- CALORI, A. H.; FACTOR, T. L.; FELTRAN, J. C.; PURQUERIO, L. F. V. Aeroponia pode inovar a produção de minitubérculos de batata no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, v. 64-66, p. 43-51, 2014.
- CALORI, A. H.; FACTOR, T. L.; FELTRAN, J. C.; WATANABE, E. Y.; MORAES, C. C. de.; PURQUERIO, L. F. V. Condutividade elétrica da solução nutritiva e densidade de plantas na produção de batata semente em aeroponia em condições tropicais de cultivo (inverno/primavera). **Bragantia**, v. 76, n. 1, p. 23-32, 2017.
- CASTROLANDA. **Um produtor realizado em sua atividade**. 2013. Disponível em: <<https://www.castrolanda.coop.br/noticia/um-produtor-de-batatas-realizado-em-sua-atividade-9713>> Acesso em: maio de 2020.
- CHOER, E. Origem e Evolução. *In*: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado. Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica, p. 57-68, 2003.
- CIP – **International Potato Center**. Potato. Disponível em: <<https://cipotato.org/potato/>> Acesso em: março de 2020.
- CLIMATEMPO. **Climatologia Castro Paraná**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/269/castro-pr>> Acesso em: abril de 2020.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Batata. **Boletim Hortigranjeiro**, v. 6, n. 5, p. 19-23, 2020.
- CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; MONTEIRO, A. B.; PINTO, C. A. B. P.; FAQUIM, V. Densidade de plantas e métodos de colheita na multiplicação de batata-semente em vasos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 270-274, 2007.

DAGNE, Z.; DECHASSA, N.; MOHAMMED, W. Influence of Plant Spacing and Seed Tuber Size on Yield and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Central Ethiopia. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 6, n. 6, p. 1-6, 2018.

DAWINDER, G. S.; SINGH, A.; SINGH, J. Effect of Tuber Size and Intra-row Spacing on Yield and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.). **Biotechnology Journal International**, v. 24, n. 2, p. 30-34, 2020.

DEVAUX, A.; GOFFART, J. P.; PETSAKOS, A.; KROMANN, P.; GATTO, M.; OKELLO, J.; SUAREZ, V.; HAREAU, G. Global Food Security Contributions from Sustainable Potato Agri-Food Systems. In: CAMPOS, H.; ORTIZ, O. **The Potato Crop – Its Agricultural, Nutricional and Social Contribution to Humankind**. Peru: Springer, p. 3-35, 2020.

DONELLY, D. J.; COLEMAN, W. K.; COLEMAN, S. E. Potato microtuber production and performance: A Review. **American Journal of Potato Research**, v. 80, p. 103-115, 2003.

DUTRA, L. F.; MAYER, K. C. A.; SILVA, N. D. G. da.; NINO, A. F. P.; SILVA, F. O. X.; VIEIRA, F. C. B. Protocolos de micropropagação de plantas I – Batata. **Documentos EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, v. 317, 22 p., 2010.

EBRAHIM, S.; MOHAMMED, H.; AYALEW, T. Effects of seed tuber size on growth and yield performance of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties under field conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 39, p. 2077-2086, 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento Semidetalhado de Solos Município de Castro - Estado do Paraná**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63312/1/castro.prt.pdf>> Acesso em: abril de 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

EVANGELISTA, R. M.; NARDIM, I.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 953-960, 2011.

FACTOR, T. L.; ARAUJO, J. A. C. de.; KAWAKAMI, F. P. C.; IUNCK, V. Produção de minitubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 82-87, 2007.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal Conductance and Photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 33, p. 317-345, 1982.

FASOLO, A. P.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; BOGNOLA, I. A.; BHERING, S. B.; MARTORANO, L. G. Caracterização dos Solos do Município de Castro, PR. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, v. 9, 87 p., 2002.

FAO – **Food and Agriculture Organization**. FAOSTAT: Production: Crops: 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>> Acesso em: fevereiro de 2020.

FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L.; CHU, E. P.; ALMEIDA, V. P. de. Tuberização. *In*: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 409-419, 2013.

TAPYA Y FIGUEROA, M. L.; LORENZO, J. C.; MOSQUEDA, O.; ESCALONA, M. Obtención de microtubérculos y minitubérculos como semilla pre-básica en tres cultivares peruanos de papa. **Biotecnología Vegetal**, v. 17, n. 3, p. 161-169, 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 421 p., 2013.

FILGUEIRA, F. A. R. Práticas culturais adequadas em bataticultura. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 34-41, 1999.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO JÚNIOR, J. D.; MOREIRA, M. A.; GUIMARÃES, M. A.; PUIATTI, M.; LANI, E. R. G. Produção de mini-tubérculos de batata-semente em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 116-120, 2008.

FORBES, G. A.; CHARKOWSKI, A.; ANDRADE-PIEDRA, J.; PARKER, M. L.; SCHULTE-GELDERMANN, E. Potato Seed Systems. *In*: CAMPOS, H.; ORTIZ, O. **The Potato Crop – Its Agricultural, Nutricional and Social Contribution to Humankind**. Peru: Springer, p. 431-4350, 2020.

FORTES, G. R. L.; PEREIRA, J. E. S. Batata Semente Pré Básica: Cultura de tecidos. *In*: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado. Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica, p. 421-433, 2003.

FRIEDMAN, M. Chemistry and Anticarcinogenic Mechanisms of Glycoalkaloids Produced by Eggplants, Potatoes, and Tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 3323–3337, 2015.

FULLADOLSA, A. C.; LAPLANT, K. E.; GROVES, R. L.; CHARKOWSKI, A. O. Potato Plants Grown from Minitubers are Delayed in Maturity and Lower in Yield, but are not at a Higher Risk of Potato virus Y Infection than Plants Grown from Conventional Seed. **American Journal Potato Research**, v. 95, p. 45-53, 2018.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas**. IAC. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/Hidroponiap1/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Hidroponiap1/Index.htm)> Acesso em: março 2020.

GODOY, R. C. B.; SCOTTI, C. A.; BUENO, L. A. P. A Batata no Estado do Paraná. *In*: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado - Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica, p. 25-37, 2003.

HAWKES, J. G.; FRANCISCO-ORTEGA, J. The early history of the potato in Europe. **Euphytica**, v. 70, p. 1-7, 1993.

HAZARIKA, B. N. Morpho-physiological disorders in in vitro culture of plants. **Scientia Horticulturae**, v. 108, n. 2, p. 105-120, abr. 2006.

HIRANO, E. Batata-semente Básica, Registrada e Certificada. *In*: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado. Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica, p. 475-494, 2003.

HOSSAIN, M. S.; HOSSAIN, M. M.; HAQUE, M. M.; HAQUE, M. M.; SARKAR, M. D. Varietal Evaluation of Potato Microtuber and Plantlet in Seed Tuber Production. **International Journal of Agronomy**. v. 2017, p. 1-5, 2017.

HOSSAIN, M. S.; HOSSAIN, M. M.; HOSSAIN, T.; HAQUE, M. M.; QUAMRUZZAMAN, M.; SARKAR, M. D. Varietal Response to Benzylaminopurine and Chlorocholine chloride on In Vitro Tuberization of Potato. **Agricultural Research**, v. 8, n. 4, p. 452–460, 2019.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos Anuais**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em: julho 2020a.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em: março 2020b.

KAMINSKI, K. P.; KORUP, K.; NIELSEN, K. L.; LIU, F.; TOPBJERG, H. B.; KIRK, H. G.; ANDERSEN, M. N. Gas-exchange, water use efficiency and yield responses of elite potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars to changes in atmospheric carbon dioxide concentration, temperature and relative humidity. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 187, p. 36-45, 2014.

KAMRANI, M. H.; CHEGENI, A. R.; HOSSEINNIYA H. Effects of Different Growing Media on Yield and Growth Parameters of Potato Minitubers (*Solanum tuberosum* L.). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 15, p. 1838-1853, 2019.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; JITSUYAMA, Y.; ZHENG, X. Effect of Cultivar Maturity Period on the Growth and Yield of Potato Plants Grown from Microtubers and Conventional Seed Tubers. **American Journal of Potato Research**, v. 81, p. 327-333, 2004.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; HASEGAWA, T.; JITSUYAMA, Y. Growth and Yield of Potato Plants Grown from Microtubers in Fields. **American Journal of Potato Research**, v. 80, p. 371-378, 2003.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K. Effect of potato microtuber size on the growth and yield performance of field grown plants. **Plant Production Science**, v. 15, n. 2, p. 144-148, 2012.

KROSCHEL, J.; MUJICA, N.; OKONYA, J.; ALYOKHIN, A. Insect Pests Affecting Potatoes in Tropical, Subtropical, and Temperate Regions. *In*: CAMPOS, H.; ORTIZ,



O. **The Potato Crop – Its Agricultural, Nutricional and Social Contribution to Humankind**. Peru: Springer, p. 251-306, 2020.

LAKHIAR, I. A.; GAO, J.; SYED, T. N.; CHANDIO, F. A.; BUTTAR, N. A. Modern plant cultivation Technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics. **Journal of Plants Interactions**, v. 13, n. 1, p. 338-352, 2018.

LE VAYER, M. F. The Potato: a Long History to Fit our Contemporary World. **Potato Research**, v. 60, p. 223–235, 2017.

LOPES, C. A.; SILVA, G. O. da.; CRUZ, E. M.; ASSAD, E. D.; PEREIRA, A. S. Uma análise do efeito do aquecimento global na produção de batata no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 7-15, 2011.

LOPES, C. A.; ROSSATO, M. Tamanho do tubérculo-semente de batata não interfere na manifestação da murcha bacteriana. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 250-252, 2011.

MACKERRON, D. K. L. Mathematical Models of Plant Growth and Development. *In*: VREUGDENHIL, D. et al. **Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, p. 753-776, 2007.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. *In*: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 82-133, 2013.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 1987. **Portaria N° 154, de 23 de julho de 1987**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em: maio de 2018.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012. **Instrução Normativa N° 32, de 20 de novembro de 2012**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN32de20denovembrode2012.pdf>> Acesso em: agosto de 2018.

MEDEIROS, C. A. B.; ZIEMER, A. H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A. S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 110-114, 2002.

MOHAMED, M. A. H.; ALSADON, A. A. Influence of ventilation and sucrose on growth and leaf anatomy of micropropagated potato plantlets. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 3, p. 295-300, 2010.

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ARAÚJO, R. F. Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio de batata-semente básica. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 335-340, 2011.

MORENO, M.; OROPEZA, M. Efecto de las hormonas vegetales y el fotoperíodo en la producción de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Colombiana de Biotecnología**, v. 19, n. 2, p. 29–38, 2017.

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

NASIR, S.; AKASSA, B. Review on effect of population density and tuber size on yield components and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). **African Journal of Plant Science**, v. 12, n. 12, p. 319-323, 2018.

NHUT, D. T.; NGUYEN, N. H.; THUY, D. T. T. A novel in vitro hydroponic culture system for potato (*Solanum tuberosum* L.) microtuber production. **Scientia Horticulturae**, v. 110, p. 230–234, 2006.

NICK, C.; BORÉM, A. Batata do Plantio à Colheita. 1. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 221 p. 2017.

ORABY, H.; LACHANCE, A.; DESJARDINS, Y. A Low Nutrient Solution Temperature and the Application of Stress Treatments Increase Potato Mini-tubers Production in an Aeroponic System. **American Journal Potato Research**, v. 92, p. 387–397, 2015.

OTAZÚ, V. **Manual on quality seed potato production using aeroponics**. International Potato Center – CIP, Lima, Peru, 2020. 44 p.

PAES, A. P. M.; SILVA, J. X. A importância da qualidade da batata-semente na redução do custo de produção. In: **Seminário Mineiro de Bataticultura**, v. 4, p. 55-58, 2003.

PEREIRA, A. S. A evolução da batata no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, 2011.

PEREIRA, A. S.; SOUZA, Z. S.; CHOER, E. Principais cultivares. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado - Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica, p. 143-153, 2003.

PIMENTA, J. A. Relações Hídricas. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 1-32, 2013.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. São Paulo, SP: Livraria Nobel S/A, p. 451, 2009.

RADOUANI, A.; LAUER, F. I. Field Performance of Cultivars Nicola and Russet Burbank Micro and Minitubers. **American Journal Potato Research**, v. 92, p. 298–302, 2015.

RANALLI, P.; BASSI, F.; RUARO, G.; DEL RE, P.; CANDILO, M. di.; MANDOLINO, G. Microtuber and minituber production performance compared with normal tubers and field. **Potato Research**, v. 37, p. 383-391, 1994.

RITTER, E.; ANGULO, B.; RIGA, P.; HERRÁN, C.; RELLOSO, J.; SAN JOSE, M. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. **Potato Research**, v. 44, p. 127-135, 2001.

RODRIGUES, G. B.; PINTO, C. A. B. P.; BENITES, F. R. G.; MELO, D. S. Seleção para duração do ciclo vegetativo em batata e relação com a produtividade de tubérculos. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 280-285, 2009.

RODRIGUES-OTUBO, B. M.; USBERTI FILHO, J. A.; SIQUEIRA, W. J.; DOMINGUES, E. T.; GRANJA, N. P.; MIRANDA FILHO, H. S. Respostas de Diferentes Genótipos de Batata à Tuberização In Vitro. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 227-233, 1999.

RYKACZEWSKA, K. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture. **Plant Soil Environment**, v. 62, n. 5, p. 210-214, 2016.

SAMPAIO JÚNIOR, J. D.; FONTES, P. C. R.; MOREIRA, M. A.; GUIMARÃES, M. A. Produção de mini-tubérculo semente de batata, em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 1- 9, 2008.

SEAB, Secretaria da Agricultura e Abastecimento. 2016. **Área e produção agrícola no estado do Paraná e comparativo com o Brasil**. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/safras>> Acesso em: fevereiro de 2020.

SHARMA, A. K.; BUCKSETH, T, SINGH, R. K. Effect of Seasons on Subsequent Production Behavior of Small Size Potato Mini-tubers. **Agricultural Research**, v. 7, n. 2, p. 245-249, 2018.

SILVA, E. C. da.; PINTO, C. A.; SOUZA-DIAS, J. A. C. de.; ARAÚJO, T. H. de. Uso de reguladores de crescimento em brotos destacados de batata-semente. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 504-509, 2011.

SILVA FILHO, J. B.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; MCGIFFEN JÚNIOR, M. E. Evaluation of UFV Aeroponic System to Produce Basic Potato Seed Minitubers. **American Journal of Potato Research**, v. 95, p. 443-450, 2018a.

SILVA FILHO, J. B.; FONTES, P. C. R.; MARTINEZ, H. E. P.; LACERDA, J. S. de.; CECON, P. R.; MCGIFFEN JÚNIOR, M. E. Varying Nitrogen Concentrations to Optimize Basic Seed Potato Minitubers Production in a Three-Phase Hydroponic System. **American Journal of Potato Research**, v. 95, p. 687–695, 2018b.

SILVA, G. O.; LOPES, C. A. Origem e Botânica. In: **A cultura da batata**. Embrapa Hortaliças – Sistemas de Produção 8, v. 2, p. 4-6, 2015.

SMA-ABC. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://sma.fundacaoabc.org/monitoramento/grafico/mensal>> Acesso em: abril 2020.

SOUZA, C. B. S.; FONTES, P. C. R.; MOREIRA, M. A.; CECON, P. R.; PUIATTI, M. Produção de minitubérculos de batata semente básica em hidroponia em função de doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 714-723, 2013.

SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. *In*: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado - Brasília, D.F.: Embrapa Informação Tecnológica, p. 80-104, 2003.

SPOONER, D. M.; NÚÑEZ, J.; TRUJILLO, G.; HERRERA, M. R.; GUZMÁN, F.; GHISLAIN, M. Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification. **PNAS – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, p. 19398–19403, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p. 2017.

TEMMERMAN, L.; VANDERMEIREN, K.; OIJEN, M. V. Response to the Environment: Carbon Dioxide. *In*: VREUGDENHIL, D. et al. **Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, p. 395-409, 2007.

TESSEMA, L.; CHINDI, A.; GIORGIS, G. W.; SALOMON, A.; SHUNKA, E.; SEID, E. Determination of Nutrient Solutions for Potato (*Solanum tuberosum* L.) Seed Production under Aeroponics Production System. **Open Agriculture**, v. 2, p. 155–159, 2017.

TIERNO, R.; CARRASCO, A.; RITTER, E.; GALARRETA, J. I. R. de. Differential Growth Response and Minituber Production of Three Potato Cultivars Under Aeroponics and Greenhouse Bed Culture. **American Journal Potato Research**, v. 91, p. 346–353, 2014.

TUNIO, M. H.; GAO, J.; SHAIKH, S. A.; LAKHIAR, I. A.; QURESHI, W. A.; SOLANGI, K. A.; CHANDIO, F. A. Potato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 80, n. 1, p. 118-132, 2020.

UCHENDU, E. E.; SHUKLA, M.; SAXENA, P. K.; KELLER, J. E. R. Cryopreservation of potato microtubers: the critical roles of sucrose and desiccation. **Plant Cell Tiss Organ Cult**, v. 124, p. 649–656, 2016.

VISSER, R. G. F.; BACHEM, C. W. B.; BOER, J. M. de.; BRYAN, G. J.; CHAKRABATI, S. K.; FEINGOLD, S.; GROMADKA, R.; VAN HAM, R. C. H. J.; HUANG, S.; JACOBS, J. M. E.; KUZNETSOV, B.; MELO, P. E. de.; MILBOURNE, D.; ORJEDA, G.; SAGREDO, B.; TANG, X. Sequencing the Potato Genome: Outline and First Results to Come from the Elucidation of the Sequence of the World's Third Most Important Food Crop. **American Journal Potato Research**, v. 86, p. 417–429, 2009.

WOOD, K.; CARRAGHER, J.; DAVIS, R. Australian consumers' insights into potatoes - Nutritional knowledge, perceptions and beliefs. **Appetite**, v. 114, p. 169-174, 2017.

WRÓBEL, S. Assessment of potato microtuber and in vitro plantlet seed multiplication in field conditions – Growth, development and yield. **Field Crops Research**, v. 178, p. 26–33, 2015.

## ANEXO A – OBTENÇÃO DE MUDAS

Plantas de batata, cultivar Atlantic, no sistema aeropônico, de onde foram coletados os explantes para a extração de meristema. Fonte: A autora.



Meristema axilar da batata sendo retirado dos explantes. Fonte: A autora.



A: Plântulas de batata *in vitro* 25 dias após a inoculação dos meristemas axilares em meio de cultura MS suplementado com carvão ativado e hormônios de crescimento. B: Planta de batata *in vitro* com tamanho de 10 a 15 cm, adequadas para micropropagação. Fonte: A autora.



## ANEXO B – OBTENÇÃO DE MINITUBÉRCULOS E MICROTUBÉRCULOS



Mudas sendo aclimatadas em bandejas de plástico. Fonte: A autora.



Transplante das mudas para a aeroponia. Fonte: A autora.



Bancadas construídas com madeira do sistema aeropônico. Fonte: A autora.



Plantas da cultivar Atlantic de porte médio. Fonte: A autora.



Minitubérculos e microtubérculos em ponto de colheita no sistema aeropônico. Fonte: A autora.