

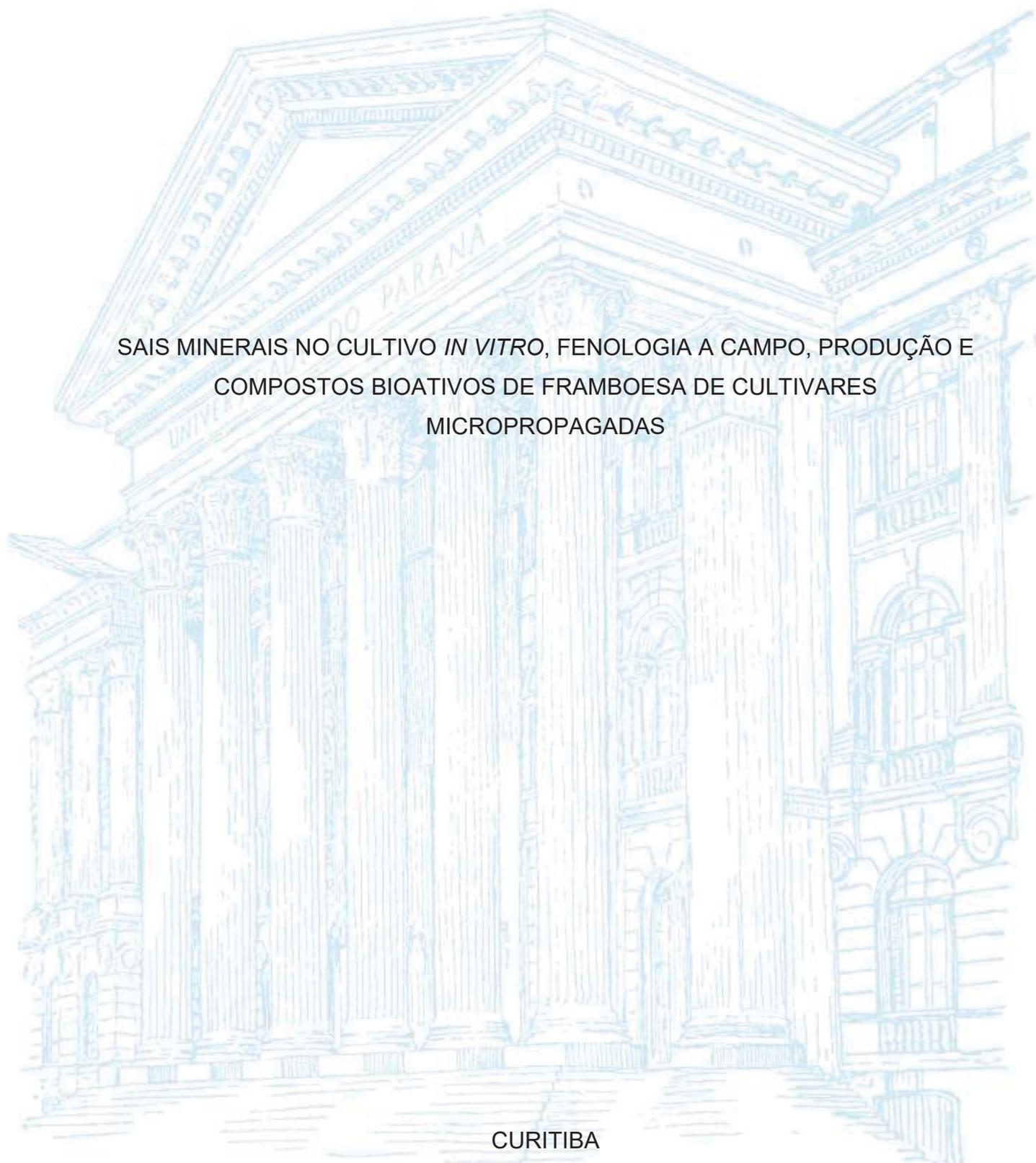
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CÍNTIA DE MORAES FAGUNDES

SAIS MINERAIS NO CULTIVO *IN VITRO*, FENOLOGIA A CAMPO, PRODUÇÃO E
COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRAMBOESA DE CULTIVARES
MICROPROPAGADAS

CURITIBA

2020



CÍNTIA DE MORAES FAGUNDES

SAIS MINERAIS NO CULTIVO *IN VITRO*, FENOLOGIA A CAMPO, PRODUÇÃO E
COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRAMBOESA DE CULTIVARES
MICROPROPAGADAS

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em
Agronomia - Produção Vegetal, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial à obtenção do título de Doutora
em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi

Coorientador: Prof. Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli

CURITIBA

2020

Fagundes, Cíntia de Moraes

Sais minerais no cultivo *in vitro*, fenologia a campo, produção e compostos bioativos de framboesa de cultivares micropropagadas. / Cíntia de Moraes Fagundes. - Curitiba, 2020.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal.

Orientador: Luiz Antonio Biasi.

Coorientador: Mauro Brasil Dias Tofanelli.

1. Framboesa - Aspectos nutricionais. 2. Plantas - Propagação *in vitro*.
3. Compostos Fenólicos. I. Biasi, Luiz Antonio. II. Tofanelli, Mauro Brasil Dias. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **CÍNTIA DE MORAES FAGUNDES** intitulada: **SAIS MINERAIS NO CULTIVO *IN VITRO*, FENOLOGIA A CAMPO, PRODUÇÃO E COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRAMBOESA DE CULTIVARES MICROPROPAGADAS**, sob orientação do Prof. Dr. LUIZ

ANTONIO BIASI, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 24 de Abril de 2020.

Assinatura Eletrônica
24/04/2020 17:39:51.0
LUIZ ANTONIO BIASI
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
24/04/2020 17:45:26.0
LUIZ EDUARDO CORREA ANTUNES
Avaliador Externo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA)

Assinatura Eletrônica
24/04/2020 17:32:18.0
JOÃO CARLOS BESPALHOK FILHO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
24/04/2020 17:45:19.0
MAURO BRASIL DIAS TOFANELLI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
24/04/2020 17:48:04.0
LUCIANA LOPES FORTES RIBAS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico

A meus pais, por todo amor e incentivo ao longo dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e por sempre iluminar meu caminho.

Aos meus pais, fonte de toda minha persistência, por terem me ensinado o verdadeiro significado do amor e me ensinarem desde cedo que eu seria responsável pelas minhas escolhas. Obrigada por aceitá-las e me apoiarem quando eu precisei.

Ao meu noivo Rafael, pela compreensão nos dias não tão bons, que mesmo distante, se fez presente em minha vida todos os dias.

À Universidade Federal do Paraná, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal por possibilitar a realização do doutorado.

À CAPES pelo suporte financeiro.

À comissão de orientação, composta pelo Dr. Luiz Antonio Biasi e o Dr. Mauro Tofanelli pela oportunidade de aprender inúmeras coisas, pelo tempo que dedicaram a mim e pesquisa, a confiança em mim depositada para realização deste trabalho.

Aos amigos e colegas que a UFPR me proporcionou: Carolina, Fernando, Leandro, Erik, Renata, Mari, Ju Borella, Laudiane, Tales e Manu.

À Maíra, Juliana Amatussi e Jéssica, por terem sido luz e energia nos dias “cinzas” de Curitiba, e pelas palavras positivas que impulsionavam o andamento da pesquisa. Obrigada por ser muito mais que colegas.

À Tatiane, Ana Paula e Aline pelo auxílio prestado na condução dos experimentos.

Aos professores e funcionários do departamento de fitotecnia da UFPR, em especial a Lucimara por ser uma excelente profissional e auxiliar muito na parte burocrática das atividades do doutorado, aos técnicos Carlos e Roger, pela gentileza na prestação de serviços. Aos membros da banca Dr. João Carlos Bessalho Filho, Dr. Mauro Tofanelli e Dra. Luciana Ribas, pelas valiosas contribuições na pré-defesa da tese.

À Embrapa Clima Temperado representada pelo Dr. Luís Eduardo Corrêa Antunes, pela concessão das matrizes vegetais que possibilitaram este estudo, no âmbito do acordo de cooperação entre instituições.

À Fondazione Edmund Mach (FEM), por proporcionar a incrível experiência de realizar estágio em uma instituição estrangeira.

À Dra. Lara Giongo, por toda paciência, generosidade, suporte e pelo exemplo de profissionalismo. Obrigada por confiar na minha capacidade como pesquisadora!

Aos funcionários da FEM, e amigos que adquiri no Grupo Piccoli Frutti durante meu doutorado sanduíche, que desde a minha chegada me receberam com muito carinho e respeito e não mediram esforços para me ajudar, principalmente no início, onde todos os dias surgiam novos desafios.

A todos de que alguma forma estiveram presentes e contribuíram com meu crescimento profissional durante o andamento do doutorado.

MUITO OBRIGADA!
GRAZIE MILLE!

“Sem sonhos, a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não tem alicerces.
Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais.
Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos.
Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir!”

(Augusto Cury)

BIOGRAFIA DA AUTORA

Cíntia de Moraes Fagundes, filha de Renato Fagundes e Neusa Fagundes, nasceu em Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, aos 12 de março de 1990. Formou-se em Técnico em Agropecuária pelo antigo Conjunto Agrotécnico Visconde da Graça vinculado a Universidade Federal de Pelotas, no ano de 2006. Engenheira agrônoma, pela Universidade Federal de Pelotas, ano de 2013. Mestre em Agronomia, Área de Fruticultura de Clima Temperado, pela Universidade Federal de Pelotas, no ano de 2016. Ingressou no Doutorado em Agronomia, Área de Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, linha de pesquisa Morfogênese e Biotecnologia em 2016, concluindo o mesmo em 2020. Participou do Programa de Doutorado Sanduiche no Exterior (PDSE) - CAPES, pelo Istituto Agrario di San Michele all'Adige (Fondazione Edmund Mach), de novembro de 2018 a abril de 2019.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o crescimento e o teor de nutrientes absorvidos em plantas de framboeseira cultivadas *in vitro* em diferentes concentrações de CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 , bem como avaliar, a campo, o comportamento fenológico, a produtividade e a qualidade de framboesas de diferentes cultivares micropropagadas e plantadas em Pinhais-PR. O trabalho de pesquisa foi dividido em três estudos. No primeiro experimento foi avaliado o crescimento e desenvolvimento de explantes *in vitro* de framboeseira 'Heritage', 'Schöenmann' e 'Willamette' em meio de cultura MS com diferentes concentrações de CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 . As variáveis avaliadas foram: número médio de brotações, comprimento médio das brotações; qualidade das brotações (baixa, média e alta qualidade) após três subcultivos e a quantidade de macronutrientes (cálcio, magnésio, potássio, enxofre, nitrogênio e fósforo) e micronutrientes (ferro, manganês, zinco e cobre) acumulados ao final das avaliações. No segundo experimento foi avaliado o comportamento fenológico, a produtividade e a qualidade de frutas de oito cultivares de framboeseira do grupo remontante (Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Indian Summer e Polana) e duas do grupo não remontante (Schöenmann e Willamette) cultivadas na região de Pinhais no Estado do Paraná. As avaliações fenológicas foram realizadas nos ciclos 2018/2019 e 2019/2020 e as avaliações de produtividade e qualidade dos frutos no ciclo 2018/2019. Foram avaliadas: datas de início e final de brotação e floração das hastes, início e final de colheita, produção, massa, pH, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e *ratio*. No terceiro experimento foram quantificados os teores de polifenóis totais, flavonóides e antocianinas totais de frutas das cultivares avaliadas no segundo experimento. Com base nos resultados obtidos, as cultivares apresentaram melhor crescimento e desenvolvimento *in vitro* em meio de cultura com as concentrações de 792 mg L^{-1} de CaCl_2 , 777 mg L^{-1} de MgSO_4 e 357 mg L^{-1} de KH_2PO_4 . Quanto ao comportamento fenológico, as cultivares iniciaram a brotação em setembro no ciclo 2018/2019 e em agosto no ciclo 2019/2020. A floração ocorreu entre outubro e novembro no ciclo 2018/2019 e setembro e outubro no ciclo 2019/2020, concentrando a colheita no período de dezembro a maio no ciclo 2018/2019 e iniciando em novembro no ciclo 2019/2020. O melhor desempenho produtivo foi observado nas cultivares Alemazinha, Fallgold e Heritage. Houve diferenças entre as cultivares quanto a massa das frutas, pH, teor de sólidos solúveis e acidez. A cultivar Heritage apresentou a maior quantidade de polifenóis, flavonóides e antocianinas totais. Os resultados confirmaram que as concentrações usuais de CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 em meio de cultura MS estão abaixo da requerida para a micropropagação da framboeseira. Para o cultivo da framboeseira na região de Pinhais-PR, recomendam-se as cultivares Alemazinha, Fallgold e Heritage. A framboesa cultivada em Pinhais-PR produz compostos bioativos conforme o esperado e em quantidade análoga a encontrada em frutas de regiões tradicionalmente produtoras.

Palavras-chave: *Rubus idaeus* L. Micropropagação. Nutrientes. Pequenas frutas. Compostos fenólicos.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the growth and nutrient content absorbed by *in vitro* raspberry plants at different nutritional concentrations of CaCl₂, MgSO₄ and KH₂PO₄, as well as to evaluate the phenological behavior, productivity and quality of raspberries from different cultivars in Pinhais-PR. This research was divided into three experiments. In the first experiment, the growth and development of *in vitro* explants of raspberry 'Heritage', 'Schönenmann' and 'Willamette' in MS culture medium, with different concentrations of CaCl₂, MgSO₄ and KH₂PO₄, was evaluated. The variables evaluated were: number of sprouts, sprout length; sprout quality (low, medium and high quality) and the amount of macronutrients (calcium, magnesium and potassium) absorbed. In the second experiment, the phenological behavior, productivity and fruit quality of eight raspberry cultivars from the primocane group (Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Indian Summer and Polana) and two from the floricanne group (Schönenmann and Willamette), grown in a mild winter region in the State of Paraná, were evaluated. Phenological assessments were carried out in the 2018/2019 and 2019/2020 cycles and the productivity and fruit quality assessments in the 2018/2019 cycle. The following characteristics were evaluated: dates of beginning and end of sprouting and flowering of the stems, beginning and end of harvest, production, mass, pH, total soluble solids content, titratable acidity and ratio. In the third experiment, the levels of total polyphenols, flavonoids and total anthocyanins from raspberries cultivars evaluated in the second experiment, were quantified. Based on the results obtained, the cultivars showed better growth and *in vitro* development in culture medium with the concentrations of 792 mg L⁻¹ of CaCl₂, 777 mg L⁻¹ of MgSO₄ and 357 mg L⁻¹ of KH₂PO₄. As for the phenological behavior, the cultivars started to sprout in September in the 2018/2019 cycle and in August in the 2019/2020 cycle. Flowering occurred between October and November in the 2018/2019 cycle and between September and October in the 2019/2020 cycle, concentrating the harvest from December to May in the 2018/2019 cycle and starting in November in the 2019/2019 cycle. The best productive performance was observed in the cultivars Alemazinha, Fallgold and Heritage. There were differences between the cultivars regarding fruit mass, pH, soluble solids content and acidity. The cultivar Heritage presented the highest amount of polyphenols, flavonoids and total anthocyanins. The results confirm that the usual concentrations of CaCl₂, MgSO₄ and KH₂PO₄ in MS culture medium are below that required for the micropropagation of the raspberry. For the cultivation of raspberries in the Pinhais-PR region, cultivars Alemazinha, Fallgold and Heritage are recommended. The raspberry grown in Pinhais-PR produces bioactive compounds as expected and in an amount similar to that found in fruits from traditionally producing regions.

Keywords: *Rubus idaeus* L. Micropropagation. Nutrients. Small fruits. Phenolic compounds.

LISTA DE FIGURAS

3. SAIS MINERAIS NO CULTIVO *IN VITRO* DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA

- FIGURA 1. QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA (*Rubus idaeus* L.), cv. HERITAGE CULTIVADAS EM MEIO DE CULTURA MS MODIFICADO (A-BAIXA; B-MÉDIA; C-ALTA). UFPR, CURITIBA-PR, 2017..... 60
- FIGURA 2. NÚMERO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl_2 62
- FIGURA 3. COMPRIMENTO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl_2 63
- FIGURA 4. QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl_2 63
- FIGURA 5. NÚMERO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MgSO_4 65

FIGURA 6.	COMPRIMENTO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MgSO ₄	66
FIGURA 7.	QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MgSO ₄	67
FIGURA 8.	NÚMERO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH ₂ PO ₄	68
FIGURA 9.	COMPRIMENTO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH ₂ PO ₄	69
FIGURA 10.	QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH ₂ PO ₄	69
FIGURA 11.	VALORES MÉDIOS DE CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES EM BROTOS DE FRAMBOESEIRA, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl ₂ . UFPR, CURITIBA - PR, 2018.....	70

FIGURA 12. VALORES MÉDIOS DE CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES EM BROTOS DE FRAMBOESEIRA, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE $MgSO_4$ 70

FIGURA 13. VALORES MÉDIOS DE CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES EM BROTOS DE FRAMBOESEIRA, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH_2PO_4 . UFPR, CURITIBA - PR, 2018..... 70

4. FENOLOGIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA MICROPROPAGADAS EM CLIMA COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE FRIO HIBERNAL

FIGURA 1. FRUTOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA PRODUZIDAS EM PINHAIS-PR BARRA DE ESCALA: 1 CM..... 80

FIGURA 2. DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA ESPÉCIE *Rubus idaeus* A- INÍCIO DE BROTAÇÃO DAS HASTES; B- EMISSÃO DO BOTÃO FLORAL (INÍCIO DO FLORESCIMENTO). C- FINAL DA FLORAÇÃO; D- INÍCIO DA FRUTIFICAÇÃO; E- FRUTO MADURO (PONTO DE COLHEITA) 81

FIGURA 3. ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE DEZ CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA NO CICLOS 2018/2019 E 2019/2020, CULTIVADAS EM PINHAIS-PR..... 83

LISTA DE TABELAS

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA (<i>Rubus idaeus</i>)	28
--------------------------------------------------------------------------------------------------	----

4. FENOLOGIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA MICROPROPAGADAS EM CLIMA COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE FRIO HIBERNAL

TABELA 1. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA EM RELAÇÃO A NÚMERO DE FRUTOS, MASSA MÉDIA DE FRUTOS POR PLANTA, MASSA MÉDIA DOS FRUTOS E PRODUTIVIDADE NO CICLO 2018/2019. PINHAIS-PR.....	86
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

TABELA 2. PORCENTAGEM DE BROTAÇÕES DAS GEMAS EMITIDAS NA HASTE PRIMÁRIA APÓS DESPONTE EM CULTIVARES DE FRAMBOESEIRAS. PINHAIS, PR, 2020.....	88
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

TABELA 3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS FRUTOS DE FRAMBOESEIRA NAS SAFRA 2018/2019. PINHAIS-PR.....	89
----------------------------------------------------------------------------------------------	----

5. COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA MICROPROPAGADAS EM CLIMA COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE FRIO HIBERNAL

TABELA 1. POLIFENÓIS TOTAIS, FLAVONÓIDES E ANTOCIANINAS EM CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA CULTIVADAS EM PINHAIS, BR.....	102
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

APA	- Área de Proteção Ambiental
AT	- Acidez Titulável
BAP	- 6-benzilaminopurina
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEEx	- Centro de Estações Experimentais do Cangüiri
CaCl ₂	- Cloreto de Cálcio
EAG	- Equivalente de Ácido Gálico
KH ₂ PO ₄	- Fosfato Monopotássico
MF	- Massa Fresca
MgSO ₄	- Sulfato de Magnésio
MS	- Murashige e Skoog (1962)
pH	- Potencial Hidrogeniônico
PR	- Paraná
<i>RATIO</i>	- Relação de acidez total e sólidos solúveis
RS	- Rio Grande do Sul
SC	- Santa Catarina
SIMEPAR	- Sistema Meteorológico do Paraná
SS	- Sólidos Solúveis
UFPR	- Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E PRODUÇÃO	21
2.2 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA DE FRAMBOESEIRA.....	23
2.3 HÁBITOS DE CRESCIMENTO DA FRAMBOESEIRA.....	25
2.4 ORIGEM E CULTIVARES	26
2.5 PROPAGAÇÃO DA FRAMBOESEIRA.....	28
2.6 MICROPROPAGAÇÃO	29
2.6.1 MEIO DE CULTURA	31
2.6.2. FUNÇÃO DOS NUTRIENTES <i>IN VITRO</i>	33
2.7 ASPECTOS FENOLÓGICOS.....	35
2.8 FATORES AMBIENTAIS E MANEJO AGRONÔMICO	36
2.9 QUALIDADES DAS FRUTAS.....	37
2.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS	38
2.10.1 ANÁLISES FÍSICAS	39
2.10.1.1 MASSA.....	39
2.10.2 ANÁLISES QUÍMICAS	39
2.10.2.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)	39
2.10.2.2 ACIDEZ	40
2.10.2.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS.....	40
2.10.2.4 <i>RATIO</i>	40
2.11 COMPOSTOS BIOATIVOS.....	41
2.11.1 POLIFENÓIS.....	41
2.11.2 FLAVONÓIDES.....	43
2.11.3 ANTOCIANINAS	44
REFERÊNCIAS	45
3. SAIS MINERAIS NO CULTIVO <i>IN VITRO</i> DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA	55
RESUMO.....	55
ABSTRACT	56
3.1 INTRODUÇÃO	57
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	59

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
3.4 CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS	72
4. FENOLOGIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA MICROPROPAGADAS EM CLIMA COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE FRIO HIBERNAL.....	76
RESUMO.....	76
ABSTRACT	77
4.1 INTRODUÇÃO	78
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	79
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
4.4 CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS.....	92
5. COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA MICROPROPAGADAS EM CLIMA COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE FRIO HIBERNAL.....	97
RESUMO.....	97
ABSTRACT	98
5.1 INTRODUÇÃO	99
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	100
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
5.4 CONCLUSÃO.....	105
REFERÊNCIAS.....	105
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
REFERÊNCIAS.....	111
APÊNDICES	130
APÊNDICE 1. COMPOSIÇÃO DO MEIO DE CULTURA MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962)	130
APÊNDICE 2. TEMPERATURAS MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA (°C) MENSAIS, E PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM). PINHAIS-PR	131
APÊNDICE 3. ACUMULO DE HORAS DE FRIO ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$) NO PERÍODO DE MAIO A SETEMBRO NOS ANOS DE 2018 E 2019. PINHAIS-PR.....	132

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização dos hábitos alimentares que caracteriza a atual geração, se torna muito clara a preferência dos consumidores por alimentos de alta qualidade e que também possam trazer benefícios à saúde. Atualmente, a diversidade e a agilidade dos meios de comunicação, fazem com que as informações cheguem aos consumidores com muito mais facilidade e rapidez. Isso contribui com a maior divulgação dos benefícios relacionados ao consumo de frutas e vegetais, e à associação do consumo dos mesmos com a prevenção e combate a doenças crônicas não transmissíveis. Este, possivelmente, é o principal fator de impulso no aumento da procura por alimentos diferenciados, muitas vezes até desconhecidos da população. Sendo assim, se faz necessário um maior investimento na produção mundial deste setor alimentar, considerando a possibilidade de exploração de novas áreas com potencial produtivo, favorecendo a valorização da diversificação das atividades agrícolas e introduzindo culturas com boas perspectivas do ponto de vista econômico e mercadológico, e que possibilitem o incremento em vantagens referentes à oferta frequente de uma maior diversidade de frutas frescas e processadas, que sejam produzidas localmente, em cadeias curtas de comercialização. Neste contexto, as pequenas frutas surgem como destaque. No caso da framboesa, a produção remete à exigência de muita mão de obra e trabalhos muito intensos, no entanto, os resultados baseiam-se em alto retorno econômico em pequenas áreas de cultivo e num curto espaço de tempo.

Buscando aumentar a produção de pequenas frutas, pesquisas têm sido realizadas com foco na adaptação de cultivares e no aperfeiçoamento do sistema produtivo, conforme as culturas vão sendo difundidas em diferentes regiões. Desta forma, a framboeseira juntamente com outras pequenas frutas como o morangueiro, o mirtilheiro e a amoreira-preta tem expandido o cultivo. No entanto, a framboeseira, ainda é pouco cultivada no país, sendo a produção concentrada no Rio Grande do Sul.

A framboeseira é uma cultura que merece destaque, pois apresenta um alto potencial para geração de renda em pequenas propriedades, surgindo como um produto que possibilita agregação de valor, com um mercado nacional e internacional demandante de produtos de qualidade.

Partindo destes pressupostos, nota-se a existência de muitos gargalos técnicos para o cultivo da framboeseira em regiões com clima ameno. Sendo assim, é necessário ampliar o conhecimento sobre a adaptação e o manejo da cultura, a fim de estimular o cultivo em bases científicas, tornando-o uma opção mais rentável ao produtor paranaense. Há necessidade de estudos envolvendo desde a produção de mudas, adaptação da cultura em diferentes locais, caracterização de cultivares e sistemas produtivos e avaliação de qualidade de frutas, visando um melhor preparo do produtor frente aos desafios encontrados.

Com a instalação de pomares e expansão de áreas de cultivo de framboeseira, há aumento da demanda da produção de mudas como ponto de partida para se obter sucesso na produção e frutas de qualidade. Trata-se de uma etapa da instalação do pomar que reflete diretamente na resposta da cultura, influenciando nas outras práticas e tecnologias aplicadas.

Diversos estudos demonstram que alguns fatores podem facilitar a propagação e melhorar a qualidade de mudas de frutíferas do gênero *Rubus*. Materiais propagativos jovens apresentam facilidade de enraizamento, pois possuem bom equilíbrio entre auxinas e citocininas, o que é fundamental para o enraizamento. Neste quesito, cabe ressaltar a importância da micropropagação como técnica para produção de mudas com elevada sanidade, além de possibilitar a obtenção de plantas geneticamente uniformes em curto espaço de tempo.

Por esse motivo, estudos sobre propagação de framboeseira são válidos no sentido de gerar informações que sejam possivelmente executáveis pelos produtores ou viveiristas, e que venham a impulsionar o cultivo oferecendo suporte para que a atividade seja rentável e com resultados satisfatórios.

Com relação ao cultivo, existem diversos fatores que interferem no sucesso, especialmente as condições climáticas do local. Portanto, diferentes cultivares podem apresentar respostas diferenciadas, dependendo do local onde forem cultivadas. Quando uma cultivar selecionada para uma determinada região é plantada em outro local, com condições climáticas diferentes, os resultados de produção e qualidade de frutas poderão não ser os mesmos.

Até o momento, nenhuma cultivar de framboeseira foi desenvolvida no Brasil, o que implica na utilização de cultivares importadas para o cultivo local. Surge, então, a necessidade de identificar a adaptação e estudar o potencial produtivo da cultura nos diferentes locais e caracterizar as cultivares, pois certamente as

respostas de fenologia, produtividade, qualidade de frutas e susceptibilidade a doenças e pragas não serão as mesmas daquelas obtidas nas condições onde foram selecionadas.

O grande interesse pela população em consumir framboesas vai além do seu sabor e aroma agradáveis. O alto valor nutricional da fruta tem atraído a atenção de consumidores, devido, principalmente, ao conteúdo de compostos bioativos presentes na fruta, que promovem a saúde. Estes compostos bioativos são, basicamente, metabólitos secundários sintetizados pela planta como reação a fatores bióticos e abióticos. Portanto, fica claro que os seus teores nas frutas sofrem efeito de genótipos, condições edafoclimáticas e de manejo. Sendo assim, estudos que identifiquem estes compostos em framboesas são extremamente válidos, pois podem servir para informar de forma mais precisa sobre o valor nutricional da fruta, além de direcionar o produtor, de forma a optar por variedades com maior potencial de síntese de tais compostos e manejar o cultivo para obter resultados mais satisfatórios.

A região metropolitana de Curitiba-PR não possui histórico de cultivo de framboeseira, porém apresenta condições climáticas teoricamente adequadas, já que é classificada como uma região de clima temperado. Entretanto, a informação sobre a adaptação de uma dada cultivar de framboeseira só poderá ser fornecida após um estudo de vários anos sob condições locais.

Além da necessidade de se aprimorar os protocolos de micropropagação para a cultura da framboeseira, o presente estudo torna-se uma ferramenta importante para se tentar alavancar a cultura na região. Sendo assim, o presente trabalho busca aperfeiçoar aspectos sobre a produção de mudas de framboeseira por meio do cultivo *in vitro*, além de avaliar os estádios fenológicos da cultura, a produtividade e a qualidade de frutas produzidos por plantas micropropagadas na região de Pinhais-PR, com o intuito de gerar parâmetros para a expansão da cultura no Estado do Paraná.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E PRODUÇÃO

A framboeseira, assim como a amoreira-preta, faz parte do grupo de plantas do gênero *Rubus*. Esse gênero pertence à família Rosaceae, na qual existem outros

gêneros de importância (*Malus*, *Prunus*, *Pyrus*, entre outros) para a fruticultura brasileira. O gênero *Rubus* forma um grupo diverso e bastante difundido, para o qual se estima existir entre 400 e 500 espécies de framboeseira e amoreira-preta na América, Europa, África e Ásia (ANTUNES et al., 2006).

É a quarta espécie do grupo das pequenas frutas mais cultivada no mundo, com 184 mil hectares. Atualmente, são 37 países que exploram a cultura. Destes, a Rússia alcança a maior produção, com mais de 130 mil toneladas, seguida do México, com mais de 120 mil toneladas, dos Estados Unidos da América e Sérvia, ambos com mais de 106 mil toneladas (FAO, 2020).

Na América do Sul, o Chile destaca-se com a maior produção, contando com uma alta tecnologia de produção e logística de exportação para diversos mercados do mundo. O plantio de framboeseira também vem crescendo significativamente em outros países, como a Argentina e o Uruguai (MARCHI et al., 2013).

No Brasil, a cultura da framboesa teve sua introdução com a chegada dos imigrantes alemães, trazendo-a para os quintais de suas colônias, visando o consumo familiar. Porém, os primeiros cultivos comerciais foram realizados na região da Alta Mantiqueira, mais especificamente em Campos do Jordão, através da implantação de algumas cultivares pelo barão suíço Otto Von Leithner (PAGOT, 2004), onde atualmente encontra-se a fazenda Baronesa Von Leithner e que até hoje produz framboesas de alta qualidade. Posteriormente, os cultivos foram expandidos para outras regiões do Brasil com aptidão para a produção, como é o caso do Sul do país. Não existem dados precisos e atuais para o cultivo no Brasil, mas estima-se uma área aproximada de 150 hectares e produção anual de 300 toneladas, distribuída nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais, (BORTOLINI, 2016).

Segundo Pagot (2010), a oferta de framboesas no Brasil parece ser menor que a demanda, mesmo sendo muito compensadores os preços pagos aos produtores. Para Maro (2011), isso se deve ao fato de que dentre as pequenas frutas, a framboeseira é a que apresenta as maiores limitações técnicas, devido à sensibilidade da planta e da fruta ao clima, além da elevada exigência ao frio para algumas cultivares.

O Estado do Paraná está localizado na região Sul do Brasil, entre as latitudes 22 e 27 °S, com acentuada variabilidade de clima, solos e relevo, que proporciona ambientes favoráveis para o cultivo de um grande número de espécies vegetais.

Situado em uma região de transição climática, passa de um clima subtropical com invernos mais amenos ao Norte para uma condição que se aproxima de climas temperados ao Sul, onde os invernos são mais severos. Assim, se faz necessário identificar as regiões com características adequadas para cada espécie vegetal, para que o potencial agrícola possa ser maximizado (CARAMORI et al., 2019; IAPAR, 2019).

Possuindo áreas com características climáticas de clima temperado e devido a existência de cultivares adaptadas a invernos mais amenos, o Estado do Paraná possui aptidão para o cultivo da framboeseira, fazendo-se necessário o estudo e a caracterização das cultivares mais aptas para as condições paranaenses (PAGOT, 2010). A concentração de informações sobre o desenvolvimento e a capacidade de produção desta frutífera ocorre, nas regiões Sul do Brasil e em Minas Gerais (PIO & GONÇALVES, 2014).

Além disso, a cultura vem ganhando destaque na venda de frutas *in natura* ou congeladas, frente às inúmeras opções de consumo da mesma. Cabe ressaltar, ainda, o fato da framboesa apresentar propriedades nutraceuticas, comprovadamente benéficas a saúde de quem as consome. Ademais, pode-se levar em consideração a grande divulgação e consumo por parte de países da América do Norte e Europa, que acaba viabilizando maiores possibilidades de exportação (KRETZSCHMAR et al., 2013).

2.2 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA DE FRAMBOESEIRA

A framboeseira pertence à família *Rosaceae*, gênero *Rubus*, o qual inclui plantas herbáceas, perenes e bianuais, e está subdividido em um elevado número de subgêneros (RASEIRA et al., 2004; OLIVEIRA & FONSECA, 2007). As framboesiras pertencem ao subgênero *Idaeobatus*, e ocorrem nos cinco continentes, mas têm sua distribuição centrada fundamentalmente no hemisfério Norte, com especial incidência na Ásia, Europa e América do Norte (OLIVEIRA & FONSECA, 2007; LEITZKE et al., 2010).

O subgênero *Idaeobatus* compreende, dentre as espécies mais importantes, a espécie *Rubus idaeus* L., que se refere às framboesas vermelhas e amarelas; *Rubus occidentalis*, que compreende as framboesas negras; e *Rubus neglectus*, que é composto pelas framboesas de cor púrpura (BUSHWAY et al., 2008).

Tratando-se das características botânicas e morfológicas, a framboeseira é considerada uma espécie de clima temperado e que possui hastes semi-lenhosas de vida curta, sustentadas por um sistema radicular perene que pode durar mais de 20 anos (HEIDE & SONSTEBY, 2011; SONSTEBY & HEIDE, 2012). O sistema radicular desempenha funções como sustentação da planta, absorção e armazenamento de elementos nutritivos, além de possuir a capacidade de emitir gemas caulinares adventícias, que originam novos brotos, característica que permite à planta tornar-se perene (KRETZSCHMAR et al., 2013). Além disso, seu desenvolvimento é horizontal e assimétrico, possui abundante ramificação superficial, podendo atingir, normalmente, os primeiros 25cm do solo, sendo que a sua distribuição é influenciada pela competição entre plantas, bem como, pela disponibilidade de água e fertilizantes. Sua estrutura é fasciculada, portanto, as raízes são mais grossas junto à base dos lançamentos, e a maioria delas apresenta espessura de 3 a 4 mm (KRETZSCHMAR et al., 2013).

Considerando que é a partir do sistema radicular da framboeseira que surgem novas hastes todos os anos, Oliveira & Fonseca (2007) ressaltaram a importância em conhecer a sua disposição espacial para efetuar uma prática cultural adequada. As hastes têm origem de gemas radiculares, que podem formar-se em raízes com apenas dois meses de idade, em intervalos irregulares de até 10 cm; e também se originam a partir de gemas dormentes localizadas na base das hastes. Entretanto, para Kretzschmar et al. (2013), a capacidade de emitir brotos em abundância é uma característica varietal, apresentando diferenças entre as cultivares. Cabe ressaltar, ainda, que a renovação sucessiva de brotos a partir de gemas da base das hastes, origina a formação de uma touceira, sendo fundamental o manejo adequado neste aspecto (OLIVEIRA & FONSECA, 2007).

Os caules (hastes) bianuais da framboeseira são cilíndricos, mais ou menos eretos, quebradiços, podendo ser lisos ou ostentar pelos ou acúleos de diversas formas, tamanhos e densidade na haste. Estes caracteres são muito importantes sob o ponto de vista taxonômico. O número de nós é uma característica importante do ponto de vista produtivo, considerando que são eles que originarão as inflorescências, sendo a sua quantidade influenciada pela cultivar e pelas condições de crescimento, pois o número de nós pode ser reduzido frente a um crescimento muito rápido da haste (OLIVEIRA & FONSECA, 2007; KRETZSCHMAR et al., 2013).

A framboeseira possui folhas que são capazes de absorver água, e movimentá-la no sentido ascendente ou descendente, com capacidade condutora superior às necessidades da planta. Estas folhas são trifoliadas quando jovens e posteriormente apresentam cinco folíolos, que contém estômatos na sua parte inferior. Destaca-se que no outono ocorre a queda das folhas (OLIVEIRA & FONSECA, 2007), que voltam a brotar na primavera, evidenciando um período de repouso da planta.

2.3 HÁBITOS DE CRESCIMENTO DA FRAMBOESEIRA

Existem dois grupos que compõem a espécie determinados por suas características de crescimento. As framboeseiras que integram o grupo denominado remontantes, reflorescentes ou bíferas, podem ser denominadas, ainda, na literatura, como 'primocane-fruited'. São assim chamadas, pois podem florir em hastes do ano durante a estação de crescimento. Estas hastes novas podem ser oriundas de gemas localizadas nas raízes, ou na base de outras hastes. Neste caso, as flores podem surgir nas hastes do ano independentemente da duração do dia, e no cultivo a campo, podem produzir frutas durante a estação de crescimento, geralmente no fim do verão/início do outono. Desta forma, a floração e frutificação ocorrem em gemas localizadas na região distal da haste do ano, sendo que as gemas proximais permanecem dormentes até a primavera seguinte, proporcionando potencial para obter-se duas colheitas por ano (PRITTS, 2008).

Entretanto, ainda segundo Pritts (2008), as framboesas reflorescentes mais tradicionais iniciam a floração nas gemas proximais das hastes do ano quando expostas a dias curtos e baixas temperaturas no outono, sendo requerido um período de frio antes destas gemas iniciarem o crescimento. Conseqüentemente, as gemas proximais florescem e frutificam no início do verão do segundo ano. Logo, é possível reconhecer que o manejo da framboeseira em duas colheitas no ano só é possível se o clima local proporcionar as condições necessárias para que as gemas proximais se desenvolvam, ficando clara a plasticidade desta característica conforme as condições ambientais a que a planta é exposta.

As cultivares conhecidas como não-remontantes, não-reflorescentes, uníferas, ou ainda "floricane-fruited", possuem hastes que completam um ciclo de vida de dois anos, durante o qual elas passam por uma sequência de fases

sazonais, envolvendo crescimento vegetativo, formação floral e frutificação, bem como indução e rompimento de dormência invernal das gemas (SONSTEBY & HEIDE, 2012). Ou seja, são cultivares que possuem hastes que florescem após um ano de crescimento vegetativo, e possuem apenas um ciclo produtivo por ano (RASEIRA et al., 2004; PAGOT, 2006; OLIVEIRA & FONSECA, 2007).

Sendo assim, as cultivares de framboeseiras não-remontantes necessitam atingir o fim do crescimento para então florescer, enquanto as cultivares remontantes florescem durante a estação e crescimento. Keep (1988) sugere que se trata de uma característica determinada quantitativamente por genes que atuam de forma aditiva ou complementar, variando a sua expressão entre as diferentes cultivares. Oliveira & Fonseca, (2007) consideram que uma framboeseira pode ser considerada remontante somente quando a produção oriunda de hastes do ano atinge valor comercial.

2.4 ORIGEM E CULTIVARES

Apesar de ser um cultivo com poucas informações no Brasil, a framboeseira possui uma longa história de cultivo e desenvolvimento. Segundo descrito por Alcayaga (2009), elas possivelmente foram cultivadas pelos Romanos no século IV. Posteriormente, no século XVI, plantas de framboeseira foram coletadas em bosques para serem usadas em ornamentações de jardins na Europa. Por volta do início do século XIX, mais de 20 cultivares de framboesa vermelha foram cultivados na Inglaterra e Estados Unidos. Em seguida, cultivares inglesas foram exportadas para os Estados Unidos e, sucessivamente, cruzadas com *seedlings* para criar novas cultivares, evidenciando a existência e a evolução de cultivares desde uma longa data.

As cultivares de framboeseiras diferem quanto à coloração dos frutos, origem ou hábito de frutificação (Tabela 1). Quanto à coloração, podem ser vermelhas, amarelas, púrpuras ou negras (BUSHWAY et al., 2008). Quanto à origem, a maioria das cultivares são originárias de cruzamentos entre *Rubus idaeus* var. *vulgatus* Arrhen, originária da Europa, e *R. idaeus* var. *strigosus* Michx., originária da América do Norte e Ásia, tendo sido acrescentados genes das espécies *R. occidentalis* L., *R. cockburnianus* Helms., *R. biflorus* Buch., *R. kuntzeanus* Helms., *R. parvifolius*

Helms., *R. pungens oldhamii* (Mig) Maxim., *R. arcticus* L., *R. stellatus* S. e *R. odolratus* L (DAUBENY et al., 1996).

A framboesa vermelha é a mais cultivada no mundo, com menor significância para a framboesa negra e a púrpura. A framboesa amarela é resultado da mutação de um gene recessivo, tem seu cultivo restrito, se comparado a framboesas vermelhas (BUSHWAY et al., 2008).

Tratando-se do desenvolvimento de novas cultivares, os programas de melhoramento em todo o mundo enfrentam desafios conforme as diferentes exigências de mercado, regiões produtoras e investimentos financeiros (AKSIC et al., 2012).

No Brasil, existem poucas cultivares disponíveis e testadas nas condições do país. Dentre as cultivares de framboeseira cultivadas, destacam-se Heritage e Autumn Bliss, ambas mais cultivadas no Rio Grande do Sul, com ênfase para Heritage, com maior área comercial (KRETZSCHMAR et al., 2013). Outras cultivares como Polana e Golden Bliss, do grupo das framboesas vermelhas e amarelas, respectivamente, podem ser citadas como opções, apesar da escassez de informações sobre suas características.

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA (*Rubus idaeus*).

Cultivar	Hábito de Crescimento	Coloração dos Frutos	Origem
Alemazinha	Remontante	Vermelho	-
Autumn Bliss	Remontante	Vermelho	<i>Rubus strigosus</i> x <i>R. arcticus</i> x <i>R. occidentalis</i>
Bababerry	Remontante	Vermelho	<i>R. trilobus</i> x <i>R. deliciosus</i>
Fallgold	Remontante	Amarelo	F2= NH 56-1 x (Taylor x <i>Rubus pungens oldhami</i>)
Golden Bliss	Remontante	Amarelo	Mutação natural CV. Autumm Bliss
Heritage	Remontante	Vermelho	Cvs. (Milton x Cuthbert)
Indian Summer	Remontante	Vermelho	<i>R. idaeus</i> x <i>R. strigosus</i>
Polana	Remontante	Vermelho	Heritage X Zeva Herbsternte
Schoenmann	Não Remontante	Vermelho	-
Willamette	Não Remontante	Vermelho	Programa de melhoramento genético - Oregon State University

2.5 PROPAGAÇÃO DA FRAMBOESEIRA

A framboeseira pode ser propagada via sexuada e assexuada, entretanto, a propagação sexuada por meio do uso de sementes, não é recomendada para a produção de mudas comerciais, pois, estas apresentam dormência bastante complexa, além de alta probabilidade de variabilidade genética e longo período de espera até a frutificação sendo uma ferramenta de interesse apenas ao melhoramento genético (TEZOTTO-ULIANA & KLUGE, 2013).

Dessa forma, o método de propagação para a framboeseira mais usual são as estacas de raízes que, por ocasião do repouso vegetativo, são preparadas e enviveiradas em sacolas plásticas. Podem também ser usados brotos (rebentos) originados de plantas cultivadas, além de estacas herbáceas. Porém, estes métodos tradicionais apresentam como grande desvantagem a possibilidade de transmissão

de doenças vasculares, bacterianas e viróticas que reduzem a qualidade fitossanitária das mudas. Além destes métodos de propagação, também pode se considerar a micropropagação como uma alternativa viável e segura, pois é possível se obter mudas com excelente qualidade fitossanitária; em curto espaço de tempo; em pequeno espaço físico; além de permitir a propagação de espécies vegetais difíceis de serem propagadas por outros métodos e a fidelização dos genótipos da planta - mãe na multiplicação.

2.6 MICROPROPAGAÇÃO

A cultura de tecidos é uma ferramenta biotecnológica que oferece vantagens na propagação de diversas espécies e engloba diferentes técnicas de cultivo em meio nutritivo de células, tecidos ou órgãos de plantas, sob condições assépticas e densidade de fluxo de fótons, fotoperíodo e temperatura controlados, dentre outros fatores (CARVALHO et al., 2011). Esta tecnologia pode ser utilizada para conservação e intercâmbio de germoplasma *in vitro*; recuperação de híbridos interespecíficos provenientes de cruzamentos com incompatibilidade pós-zigótica; produção de haploides e duplo-haploides; produção de metabólitos secundários, indução de variabilidade genética, transformação genética e, principalmente na multiplicação rápida (micropropagação) e em escala comercial de plantas livre de doenças (SANTA-MARIA et al., 2009; MISHRA et al., 2011; REY et al., 2012; WANG & WANG, 2012; ASGHARI et al., 2013; FEHER-JUHASZ et al., 2014).

A micropropagação, além das potencialidades acima citadas, também possibilita, dependendo do explante inicial, a manutenção das características genéticas das plantas matrizes. O explante mais adequado, em função de suas características fisiológicas e morfológicas, é o meristema. O meristema é um tecido formado por células tronco pluripotentes e não diferenciadas, envolvido na síntese protoplasmática e formação de novas células por divisão mitótica (CARVALHO et al., 2011). Além disso, a região meristemática não apresenta ligação direta com os feixes vasculares da planta-matriz, o que possibilita a obtenção de plantas livres de doenças, principalmente viroses (ALAM et al., 2013; SASTRY & ZITTER, 2014). No entanto, outros explantes podem ser utilizados na micropropagação de plantas, como ápices caulinares (segmento do ápice do caule), composto pelo meristema

apical (0,05 - 0,1 mm) juntamente com os primórdios foliares e folhas em desenvolvimento e gemas axilares (ASGHARI et al., 2013; BANDEIRA et al., 2013).

A tecnologia da micropropagação apresenta, dependendo do genótipo, muitas vantagens em relação aos métodos tradicionais de propagação, principalmente quanto à eliminação de doenças e fidelidade genética relatada anteriormente. Além destas, a técnica destaca-se por requerer pouco espaço físico e poder ser realizada durante todo o ano, independente da estação (COUTO, 2003). No entanto, apresenta algumas desvantagens, como: necessitar de instalações especializadas e caras, utilizar grande quantidade de mão de obra e provocar alterações fisiológicas/morfológicas das plantas induzidas *in vitro* em função do desenvolvimento em meio nutritivo contendo sacarose ou outra fonte de carbono, bem como níveis relativamente elevados de reguladores de crescimento. Tais condições determinam a formação de plantas alteradas estrutural e fisiologicamente, como baixa taxa fotossintética, mal funcionamento dos estômatos e diminuição da cera epicuticular que, tornam as plantas, entre outros aspectos, mais suscetíveis à perda de água durante a aclimatização (HAZARIKA, 2006; GEORGE & HALL, 2008).

Para o sucesso do processo da micropropagação de qualquer espécie ou cultivar, um dos aspectos mais importantes está relacionado ao meio de cultura a ser utilizado (ERIG et al., 2004; DOBRANSZKI & SILVA, 2010). Segundo Guerra et al. (2016), os principais componentes dos meios de cultura são: água, sais inorgânicos, carboidratos, vitaminas e reguladores de crescimento, em vista que os explantes estão normalmente submetidos a um ambiente heterotrófico requerendo assim meio nutritivo para suplementar suas necessidades exógenas, em termos de elementos essenciais, constituintes orgânicos e energia. Assim, pesquisas têm sido realizadas visando otimizar as necessidades de plantas específicas, determinando como consequência a formulação de vários meios de cultura com composições e concentrações diferentes de compostos minerais e orgânicos (GAMBORG et al., 1976; JUNIOR, 2015).

O gênero *Rubus* é bastante responsivo *in vitro*, obtendo-se taxas de multiplicação satisfatórias, com valores variando de 3,0 a 7,9 por subcultivo de 30 a 45 dias, quando cultivado em meio semissólido composto pelos sais MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962) e suplementado com citocininas, sendo a 6-benzilaminopurina (BAP) a mais utilizada. Entretanto, outros fatores devem ser

levados em consideração na avaliação das taxas de multiplicação, tais como: a cultivar e as condições de cultivo (OLIVEIRA et al., 2010).

Os protocolos para a micropropagação da framboeseira existem há mais de 20 anos. Contudo, com o passar dos anos, estudos verificaram crescimento atrofiado, baixa qualidade da parte aérea e sintomas de deficiência ou toxicidade mineral em explantes de framboeseira, indicando que o meio de cultura MS tradicionalmente utilizado poderia não estar fornecendo a nutrição mineral indicada para a obtenção de mudas oriundas do cultivo *in vitro*, e a necessidade de algumas modificações visando otimizar o processo de produção de mudas, como o ajuste da concentração de nutrientes no meio de cultura objetivando verificar o efeitos do conteúdo mineral das brotações e determinar os efeitos no crescimento e desenvolvimento dos mesmos (POOTHONG & REED, 2014).

2.6.1 MEIOS DE CULTURA

Os meios nutritivos utilizados para as culturas fornecem as substâncias essenciais para o desenvolvimento dos tecidos e controlam, em grande parte, o padrão do desenvolvimento *in vitro* (GUERRA et al., 2016).

A constituição do meio é baseada nas exigências das plantas quanto aos nutrientes minerais, com algumas modificações para atender em necessidades específicas. É constituído de componentes essenciais e opcionais. Os essenciais compreendem a água, os sais inorgânicos, a fonte de carbono e energia, vitaminas e reguladores vegetais. Entre os componentes adicionais estão incluídos os aminoácidos e amidas, ácidos orgânicos e substâncias naturais complexas (GUERRA & NODARI, 2007).

O pH é considerado um fator crítico do meio de cultura (MURASHIGE, 1974). Segundo Pierik (1990), o pH ideal varia de 5,0 a 6,5 para o crescimento adequado da maioria das espécies. Níveis inferiores a 4,5 e superiores a 7,0, geralmente podem ocasionar paralisação do crescimento e do desenvolvimento *in vitro* (MURASHIGE, 1974).

Para a cultura da framboeseira a formulação de sais MS (Apêndice 1) é comumente utilizada, entretanto, seu uso inicialmente foi desenvolvido para a cultura do tabaco. Porém, as espécies em geral apresentam respostas variadas no seu crescimento e desenvolvimento, influenciadas pelo meio que estão sendo cultivadas.

No caso da framboeseira a diversidade genética entre as cultivares, também pode influenciar nas necessidades nutricionais (POOTHONG & REED, 2014).

Poothong & Reed (2015) em estudos preliminares com plantas de framboeseira cultivadas em meio MS, concluíram que os sais minerais: CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 afetam significativamente o crescimento e a qualidade da parte aérea das brotações, realizaram estudos para determinar os efeitos individuais dos sais presentes no meio de cultivo sob as plantas cultivadas, e verificaram que o aumento de CaCl_2 e KH_2PO_4 no meio de cultura interferiram positivamente no comprimento da parte aérea das brotações e que o MgSO_4 influenciou nas características foliares, tais como: tamanho, coloração e ausência de necrose. Indicando assim que o conteúdo mineral presente na parte aérea das plantas estava diretamente relacionado ao conteúdo mineral do meio de cultivo.

Estudos sobre metabolômica vegetal, os quais envolvem a associação de metabólitos a processos biológicos e bioquímicos na composição de pequenas moléculas presentes em um organismo vem sendo realizados principalmente com o objetivo de fornecer resultados únicos para melhorar a compreensão das informações biológicas relacionadas ao metaboloma e mais comumente à genômica funcional (ABDELNUR, 2011).

Embora, muitos estudos utilizem a metabolômica para revelar aspectos fisiológicos e bioquímicos de importância dos nutrientes para as plantas, há uma carência com relação, a nutrição *in vitro*. Poothong et al. (2017) visando suprir a escassez científica nesse aspecto e baseando-se em estudos preliminares sobre a influência do CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 em plantas micropropagadas, realizaram observações a fim de determinarem os efeitos de tais nutrientes minerais *in vitro* no metabolismo das plantas, cultivadas em meio MS padrão e com diferentes concentrações dos mesmos, utilizando análises metabolômicas para as avaliações finais, e verificaram que as brotações que encontravam-se em meio de cultivo com maiores concentrações nutricionais apresentavam redução nos teores de aminoácidos livres e metabólitos secundários, indicando dessa forma redução no estresse das plantas. Além disso, observou-se que estas brotações apresentaram elevação nos teores de glutamina, possivelmente influenciados pelo amônio acumulado pela fotorrespiração. Estas alterações metabólicas, forneceram informações iniciais sobre a otimização dos nutrientes *in vitro* e o impacto que estes

nutrientes causam no crescimento e desenvolvimento das plantas de framboeseira micropropagadas.

Amalia et al. (2014) também realizaram estudos relacionados a nutrição *in vitro* da cultura da framboeseira, entretanto, com ênfase no uso de cálcio para controle de necrose e morte das brotações de cultivos *in vitro*, e observaram que o aumento na concentrações de cálcio presente no meio de cultura MS reduziu o problema de necrose e morte dos explantes, visto que a deficiência de cálcio pode acarretar na captação limitada de íons de cálcio e o transporte inadequado, pois, o cálcio não é remobilizado.

2.6.2 FUNÇÕES DOS NUTRIENTES MINERAIS *IN VITRO*

As principais funções dos nutrientes minerais tais como, nitrogênio (N), enxofre (S) e fósforo (P) é a constituição de proteínas e ácidos nucléicos. Outros nutrientes minerais, tais como magnésio (Mg) e os micronutrientes (exceto cloro), podem funcionar como constituintes de estruturas orgânicas, predominantemente envolvidos na função catalítica de enzimas (BONATO et al., 1998).

Um elemento para ser essencial deve satisfazer a dois critérios: primeiro, fazer parte de uma molécula que seja componente intrínseco da estrutura ou do metabolismo da planta; segundo, se a planta for severamente privada do elemento, a mesma deve exibir anormalidades em seu crescimento, desenvolvimento ou reprodução em comparação com plantas menos privadas (EPSTEIN & BLOOM, 2004).

a) Cálcio (Ca)

O cálcio desempenha papel importante na morfogênese, por causa da interação com substâncias reguladoras de crescimento e parece haver associação com as citocininas, principalmente nas áreas onde está ocorrendo diferenciação (ARRUDA et al., 2000). O Ca auxilia na desintoxicação de altas concentrações de outros elementos minerais na planta (MARSCHNER, 1995) e exerce também função estrutural (atuando na formação da parede celular) e nos processos de divisão celular (ARRUDA et al., 2000).

b) Enxofre (S)

O enxofre é um nutriente de baixa redistribuição interna na planta, e apresenta, portanto, tendência a se elevar nas folhas mais velhas. Tem como função principal a ativação de enzimas. Como constituinte de vários aminoácidos e proteínas, sua deficiência provoca uma série de distúrbios metabólicos, como: diminuição da fotossíntese, da atividade respiratória e da síntese de proteínas (MALAVOLTA, 2006). Dois dos aminoácidos considerados essenciais (metionina e cisteína) são constituídos por enxofre (PERES, 2003).

c) Fósforo (P)

O fósforo desempenha importante papel na respiração vegetal e no armazenamento, transporte e utilização de energia no processo fotossintético, agindo também na síntese das proteínas e no metabolismo de enzimas, sendo um elemento essencial para o metabolismo das plantas, principalmente na fase reprodutiva (RAIJ, 1991; FERNANDES et al., 2000).

d) Magnésio (Mg)

É considerado o maior ativador de enzimas, especialmente daquelas associadas ao metabolismo energético das plantas (MENGEL & KIRKBY, 1987). O Mg faz parte da molécula de clorofila. É o elemento que ativa o maior número de enzimas e facilita a absorção, pela raiz, de outros elementos, principalmente do P (MALAVOLTA, 2006). A concentração de Mg na solução ao redor das raízes tem muita influência na absorção (TURNER & BARKUS, 1981), de modo que, aumentando a concentração deste elemento no meio de cultura, aumenta a sua absorção (VELIKY et al., 1977).

e) Potássio (K)

O potássio é essencial para o desenvolvimento das plantas. Isso porque participa direta ou indiretamente de inúmeros processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos, como a fotossíntese e a respiração, sendo que sua carência é refletida numa baixa taxa de crescimento (COELHO et al., 2010).

Outro papel proposto para o K e que o liga indiretamente à fotossíntese é o de promoção da translocação dos assimilados das folhas. Esses íons são transportados

rapidamente através das membranas das células e duas de suas principais funções são regular o pH e o equilíbrio osmótico dentro das células. A deficiência de K no meio de cultura conduz, segundo alguns autores, à hiperidricidade e ao decréscimo na taxa de absorção de fosfato (PASQUAL, 2001).

Segundo Yamada (1995) o K exerce nas plantas, uma série de funções, relacionadas com o papel de armazenamento de energia. Entre as várias funções cita-se: melhor eficiência de uso da água, devido ao controle da abertura e fechamento dos estômatos; maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para o restante da planta; maior eficiência enzimática, além da melhoria da qualidade comercial da planta.

f) Cloro (Cl)

O cloro é um micronutriente necessário para as reações fotossintéticas que envolvem liberação de oxigênio, além de funcionar como osmótico na manutenção da turgidez celular, como é o caso das células estomáticas. Também aumenta a hidratação dos tecidos (TAIZ et al., 2017).

2.7 ASPECTOS FENOLÓGICOS

Estudos fenológicos demandam de períodos relativamente longos, porém importantes para uma indicação precisa sobre o comportamento da cultivar a ser recomendada, evidenciando um alto valor científico e até econômico deste campo da pesquisa que ainda é pouco explorado (ANTUNES, 1999; MARCHI, 2015). A fenologia é o estudo da duração dos eventos biológicos recorrentes, as causas das suas durações em relação aos fatores bióticos e abióticos, e a interação entre as fases em uma mesma espécie. Trata-se de um fundamento básico, essencial na busca de tecnologias para os sistemas de produção, e auxilia na redução de riscos de adversidades quando se trata de culturas com o comportamento pouco conhecido (MARO, 2011).

Nas condições do sul de Minas Gerais, a cultivar Heritage inicia a floração na segunda quinzena de agosto, estendendo-se até a primeira quinzena de maio, sendo que o período de colheita vai de final de setembro a meados de junho, enquanto que nas condições do oeste Paranaense, a mesma cultivar floresce de

meados de julho a final de março, e frutifica de meados de agosto a meados de abril (MOURA et al., 2012).

Em vista disso, estudos fenológicos sobre a framboeseira permitem estabelecer os estádios de desenvolvimento da cultura, bem como a duração destes nas condições de cultivo da região leste do Paraná. Tais informações podem auxiliar no planejamento de práticas de manejo e tratos culturais, como podas, colheitas e aplicações de químicos, além de possibilitar a previsão de safras e a comercialização das frutas (CAMPAGNOLO, 2012).

2.8 FATORES AMBIENTAIS E MANEJO AGRONÔMICO

A produtividade e a qualidade de pequenas frutas são muito influenciadas pelo elemento do clima e pelas práticas de manejo (CURI, 2014). Os fatores ambientais englobam temperatura, luz, umidade relativa do ar, vento, altitude, pluviosidade e textura do solo, exercendo um papel muito importante sobre os atributos de qualidade das frutas, tais como sabor, aroma, textura, espessura da casca ou potencial de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A luminosidade pode apresentar influência sobre o tamanho, o brilho e o desenvolvimento de coloração em frutas, pois afeta a síntese de pigmentos e a sua composição química geral (CHITARRA & CHITARRA, 2005). De acordo com Pagot (2006), a alta luminosidade em dias longos e ensolarados é benéfica para a qualidade das frutas de framboesa.

A maior incidência de radiação solar propicia excelente qualidade organoléptica às frutas, bem como a interação do comprimento do dia com a temperatura tem efeito sobre a qualidade das mesmas (MARO, 2011).

Visando a obtenção de produtividades de interesse e frutas com qualidade, a implantação do pomar deve ser em áreas ensolaradas, geralmente na face norte, em um local de fácil acesso para a irrigação, porém o solo não deve ser encharcado (GONÇALVES et al., 2011) e não deve ter histórico de nematoides e outras pragas e doenças de solo. Deve-se escolher cultivares adaptadas e utilizar mudas saudáveis e de qualidade (FRANCE, 2013; TEZOTTO-ULIANA & KLUGE, 2013). É importante, ainda, que haja proteção contra ventos fortes, pois estes podem causar injúrias ou até mesmo provocar a quebra das hastes (KRETZSCHMAR et al., 2013).

O plantio pode ser efetuado em qualquer época do ano, evitando-se períodos de seca, sendo que o retorno da cultura é extremamente rápido, e a produção pode iniciar em até dois a três meses após o plantio das mudas. É importante realizar o tutoramento das hastes, a fim de evitar que as mesmas curvem e as frutas toquem o solo, tornando-se inaptas para a comercialização. O sistema de tutoramento utilizado, bem como a altura dos fios, deve levar em consideração o vigor da cultivar, sua capacidade de sustentação, o hábito de crescimento e a forma de colheita (KRETZSCHMAR et al., 2013).

O tipo de poda empregado é determinante sobre o rendimento de frutas de framboeseira e varia conforme a cultivar utilizada (remontante ou não remontante) e o local de cultivo (condições climáticas). A poda de inverno é efetuada após a queda total das folhas, e é representada pelo raleio de haste e pelo desponte (poda moderada) ou a poda das hastes ao nível do solo (poda drástica). No raleio são retiradas hastes que estão em demasia, doentes e frágeis, permanecendo em torno de 10 a 12 hastes por metro linear. A poda de desponte é realizada somente em variedades remontantes, pois a haste é reduzida até o ponto em que produziu durante o outono, permanecendo as gemas subapicais, que produzirão na primavera. Já a poda ao nível do solo consiste na eliminação completa das hastes que produziram no outono, facilitando a emissão de novas hastes. A ideia desta última prática de poda é concentrar toda a produção na colheita de outono, obtendo frutas de melhor qualidade, ainda que o rendimento total diminua pela eliminação da colheita de primavera (GONZÁLEZ, 2013; KRETZSCHMAR et al., 2013).

2.9 QUALIDADE DAS FRUTAS

O conceito de qualidade de fruta é variável, em relação aos diferentes pontos de vista que podem ser considerados. Sob a ótica do produtor, frutas de boa qualidade são aquelas com tamanho relativamente grande, que proporcionam alta produtividade, resistentes a doenças e com boa aparência externa (tamanho, formato e coloração uniforme). Já o comerciante deseja uma fruta que possua, além de boa aparência, maior firmeza para permanecer por mais tempo em prateleira (MARCHI, 2015).

A framboesa, de forma especial, atrai o consumidor pela sua suculência, seu sabor doce e levemente ácido, sua cor atrativa e seu aroma peculiar (Pereira et al., 2008), além de suas propriedades nutracêuticas, fator que têm impulsionado o

consumo, por tratar-se de um alimento bastante completo (BOWEN-FORBES et al., 2010; SOUTINHO et al., 2013). No entanto, segundo Souza et al. (2007), no que se refere à preferência no momento da compra, assumem maior importância atributos como a aparência, cor, tamanho, forma, ausência de defeitos, firmeza ao toque e aroma agradável.

Para Robledo et al. (2013), a qualidade das framboesas está agrupada em diferentes fatores, que são a qualidade visível e nutritiva. A primeira se refere à aparência da fruta, a qual deve apresentar coloração vermelha, uniforme clara a escura, sem colorações brancas ou verdes; com aspecto brilhante; um tamanho maior que 8 mm e formato cônico, contendo todos as drupéolas, com firmeza adequada e sem problemas de desidratação. Já a qualidade organoléptica é determinada por um conteúdo adequado de açúcares, ácidos e compostos voláteis responsáveis pelo aroma característico da fruta, sem odores estranhos. E a qualidade nutritiva está associada, principalmente, a sua capacidade antioxidante, própria do gênero *Rubus*.

É perceptível que, recentemente, os consumidores estão aumentando a demanda por métodos de produção e armazenamento de frutas que permitam a obtenção de um produto de alta qualidade, tendo em vista o melhor entendimento da população sobre as implicações da ingestão de alimentos para a saúde humana. Estas demandas têm impulsionado maior esclarecimento sobre as composições bioquímicas, químicas e nutricionais das frutas (ANCOS et al., 1999), o que leva à constatação de que atributos de qualidade das frutas demandam estudos cada vez mais aprofundados, visando alcançar as diversas exigências, tanto de produtores e comerciantes, quanto dos consumidores.

2.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS

O metabolismo de maturação dos frutos envolve uma série de reações físicas, bioquímicas e químicas, as quais refletem em atributos de qualidade dos frutos. Após a completa formação do fruto, se inicia a sua maturação, manifestada pelo progressivo aparecimento de características típicas de sabor, cor, textura, diminuição da acidez e desaparecimento da adstringência (SOUZA et al., 2007).

O fruto maduro de framboesa é extremamente delicado, pois se trata de um fruto oco, o que dificulta muito seu manuseio. Comporta-se como uma classe de frutos intermediários entre os climatéricos e as não-climatéricos (HARSHMAN et al.,

2014), com alta taxa respiratória e curta vida pós-colheita (2 a 5 dias), resultando em perda de firmeza e, posteriormente, escurecimento e podridão (KRÜGER et al., 2011).

No processo fisiológico de maturação, alterações hidrolíticas levam a formação de açúcares, em que os níveis relativos de sacarose, glucose e frutose definem o sabor doce da framboesa (SOUZA et al., 2007).

2.10.1. ANÁLISES FÍSICAS

A qualidade dos frutos pode ser atribuída às características físicas que respondem pela aparência externa. Para Chitarra & Chitarra (2005) as determinações dos caracteres físicos são importantes porque auxiliam no estabelecimento do grau de maturação e do ponto ideal de colheita, como também são utilizadas na padronização e na classificação.

2.10.1.1. MASSA FRESCA

A massa está correlacionada com o tamanho e constitui uma característica varietal. Para Moura et al. (2012) plantas mais vigorosas apresentam ramos mais grossos, possuem mais folhas, mais espessas, com maior capacidade fotossintética, portanto produzem um maior volume de fotoassimilados e, conseqüentemente, frutos de maior tamanho e massa.

2.10.2. ANÁLISES QUÍMICAS

A caracterização da qualidade de frutos é importante na recomendação de novos cultivares. As determinações do pH, acidez e do teor de sólidos solúveis contribuem para avaliar o sabor dos frutos.

2.10.2.1. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O potencial hidrogeniônico representa o inverso da concentração de íons hidrogênio em um dado material. Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H^+ e menor a concentração de íons OH^- . Consiste num índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. As substâncias em geral, podem ser caracterizadas pelo seu valor de pH. O pH e

acidez titulável da polpa da fruta são parâmetros utilizados para indicar a qualidade dos frutos e refletem o estágio de maturação dos mesmos (SANTANA et al., 2004).

2.10.2.2. ACIDEZ

A acidez em produtos hortícolas é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células (CHITARRA & CHITARRA, 2005)

Em alguns produtos, os ácidos orgânicos não só contribuem para a acidez, como também, para o aroma característico, porque alguns componentes são voláteis. Influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade. A acidez total em relação ao conteúdo de açúcar é útil na determinação da maturação da fruta. Os ácidos predominantes em framboesa vermelha são o cítrico e o málico (SOUZA et al., 2007; HARSHMAN et al., 2014). Framboesas vermelhas têm mais altos níveis de acidez titulável, seguidas pelas amarelas, púrpura e negra (HARSHMAN et al., 2014). A proporção relativa de ácidos orgânicos presentes em frutas e vegetais varia com o grau de maturação e condições de crescimento. A concentração de ácidos diminui com a maturação, pois os ácidos são utilizados como fonte de energia na respiração ou como fonte de carbono na síntese de açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 2005; SOUZA et al., 2007).

A análise mais comum é a quantitativa, que determina a acidez total pelo método da titulação. A acidez total titulável é a quantidade de ácido de uma amostra que reage com uma base de concentração conhecida. O procedimento é feito com a titulação de uma alíquota de amostra com uma base de normalidade conhecida utilizando fenolftaleína como indicador do ponto de viragem. Quando a amostra é colorida, a viragem pode ser verificada através de um potenciômetro pela medida do pH ou por diluição da amostra em água para torná-la de uma cor bastante clara (HARSHMAN et al., 2014).

2.10.2.3. SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)

O teor de sólidos solúveis (SS) é um índice de qualidade, sendo sua concentração e composição componente indispensável ao sabor do fruto. Indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas. São designados como °Brix e têm tendência de aumento com o avanço

da maturação. Podem ser medidos no campo ou na indústria, por meio de refratômetro, com leitura direta após a adição de uma gota de suco do fruto sobre o prisma do aparelho (KRÜGER et al., 2011).

2.10.2.4. *RATIO*

A relação SS/AT (*ratio*) é o indicador utilizado para determinar o estágio de maturação, determinando o balanço do sabor doce: ácido, é útil na determinação da maturação da fruta. O *ratio* é uma das melhores formas de avaliação do sabor de uma fruta por indicar o sabor dos frutos, mostrando a melhor palatabilidade para o consumo *in natura* (MAYER et al., 2008). Esse sabor pode ser mais ou menos ácido em função da região produtora ou das características da cultivar (TAVARES, 2003). Em uma comparação entre as cores das frutas de framboesa, as vermelhas são as que apresentam menor *ratio*, enquanto as amarelas possuem nível intermediário, ao passo que as framboesas negras têm alto valor de *ratio*, implicando na redução do sabor ácido. Este atributo pode direcionar as determinadas cultivares para o destino de consumo *in natura* ou para o processamento (MOURA et al., 2012).

2.11 COMPOSTOS BIOATIVOS

Na década de 90, os benefícios trazidos pelo consumo de alimentos naturais com atividade antioxidante começaram a ser pesquisados, e o interesse neste assunto tem se apresentado cada vez maior, principalmente devido aos estudos epidemiológicos que sugerem a existência de uma ligação entre o consumo de alimentos e bebidas ricas em polifenóis e a redução da incidência e/ou iniciação de doenças crônicas e degenerativas, tais como as doenças cardiovasculares, arterosclerose e alguns cânceres (SANTOS et al., 2011).

As plantas produzem uma grande variedade de compostos orgânicos que aparentemente não apresentam função direta no seu crescimento e desenvolvimento, porém protegem as plantas contra herbívoros e contra infecção por microrganismos patogênicos, além de agir como atrativos para animais polinizadores e dispersores de sementes. São os denominados metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais, e os principais são classificados em três grupos quimicamente distintos: os terpenos, os compostos fenólicos e os compostos nitrogenados (TAIZ et al., 2017).

Os compostos fenólicos são, quimicamente, os produtos secundários que contém um grupo fenol (um grupo hidroxila funcional em um anel aromático) (TAIZ et al., 2017).

De acordo com Freire et al. (2013), algumas classes destes compostos fenólicos possuem atividades biológicas promotoras da saúde, tais como atividade antioxidante, anti-inflamatória e hipocolesterolêmica. Portanto, os alimentos que apresentam estes compostos são conhecidos, atualmente, como funcionais (VIZZOTTO & FERNANDES, 2012).

O conceito de alimento funcional mais aceito é de qualquer alimento saudável consumido como parte de uma dieta normal, com benefícios fisiológicos afirmados, como a promoção da saúde e/ou presença de propriedades que previnem doenças, além da função básica de fornecimento de nutrientes (KAUR & DAS, 2011).

O grupo dos pequenos frutos está entre os principais alimentos com propriedades funcionais que já foram experimentalmente relacionados com efeitos benéficos em doenças cardiovasculares, arterosclerose, certos tipos de câncer, obesidade, envelhecimento e doenças neurodegenerativas (SANTOS et al., 2011). Os principais compostos bioativos encontrados nas pequenas frutas são as antocianinas, ácido elágico, e vários compostos fenólicos e carotenóides. Neste contexto, Bowen-Forbes et al. (2010), relatam que as espécies do gênero *Rubus*, o qual inclui a amora-preta e a framboesa, são ricas em antocianinas, fitoquímicos quimioprotetores, tais como os flavonoides, ácidos fenólicos, ácido elágico, vitaminas C e E, ácido Fólico e β -sitoesterol.

Para a framboesa, Bowen-Forbes et al. (2010) verificaram, através da análise de extrato de fruta da cultivar Heritage, potencial de inibição de câncer de mama e gástrico em 17 e 22%, respectivamente. Já a cultivar Golden Bliss, em extrato EtOAc (Acetato de etila), apresentou 14% de capacidade de inibir células cancerígenas do sistema nervoso central. Estas propriedades anticancerígenas se devem, em grande parte, às favoráveis qualidades dos óleos contidos nas suas sementes, os quais possuem boa estabilidade à oxidação lipídica (OH et al., 2007).

2.11.1. POLIFENÓIS

Os polifenóis, produtos secundários do metabolismo vegetal, constituem um amplo e complexo grupo de fitoquímicos, com mais de 8000 estruturas conhecidas (BRAVO, 1998; MARTINEZ-VALVERDE et al., 2000). Este diversificado grupo de compostos encontra-se dividido em várias classes, segundo o esqueleto carbônico dos fitoquímicos, dentre as quais se destacam a dos ácidos fenólicos e a dos flavonóides, entre outras. A capacidade antioxidante dos polifenóis é devida, principalmente, às suas propriedades redutoras, cuja intensidade da ação antioxidante exibida por estes fitoquímicos é diferenciada uma vez que depende, fundamentalmente, do número e posição de hidroxilas presentes na molécula (RICE-EVANS et al., 1997).

As frutas, principais fontes dietéticas de polifenóis, em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas) apresentam, em termos quantitativos e qualitativos, composição variada desses constituintes (REYES et al., 2007).

Por sua vez, eficácia da ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no alimento. Os polifenóis constituem um grupo heterogêneo, composto de várias classes de substâncias com propriedade antioxidante. Essas substâncias estão presentes em vários alimentos e bebidas (VIZZOTTO, 2012).

2.11.2. FLAVONÓIDES

Substância presente em frutos e vegetais, responsável pelas cores vermelhas, roxas e amarelas e, como os carotenóides, são também ativos, em graus variáveis, contra radicais livres, os quais, por sua vez, podem estar associados a doenças cardiovasculares, câncer, envelhecimento e outras (VIZZOTTO, 2012).

Os flavonóides constituem um grupo enorme de fenólicos de plantas, representando mais da metade dos compostos fenólicos que ocorrem naturalmente (BALASUNDRAM et al., 2006). Caracterizam-se estruturalmente por um esqueleto carbônico C6-C3-C6, no qual os três carbonos entre os grupos fenil são ciclizados com oxigênio. As várias classes de flavonóides diferem no nível de oxidação e no padrão de substituição no anel C, enquanto compostos individuais dentro de uma classe diferem no padrão de substituição nos anéis A e B (PIETTA, 2000). Assim,

dividem-se em seis classes: flavanonas, flavonas, flavonóis, isoflavonas, flavanóis e antocianidinas (HOLLMAN & KATAN, 1999).

A presença e distribuição dos flavonóides nos vegetais dependem de diversos fatores, como ordem e família do vegetal, bem como da variação das espécies. Os padrões de distribuição dependem do grau de acesso a luminosidade, especialmente dos raios ultravioleta, pois a formação dos flavonóides é acelerada pela luz. Os flavonóides são formados a partir da combinação de derivados sintetizados da fenilalanina e ácido acético (DEGASPARI & WASZCZYNSKY, 2004).

2.11.3. ANTOCIANINAS

As antocianinas são o mais importante grupo de pigmentos de origem vegetal, depois das clorofilas (HARBORNE & GRAYER, 1988). Compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal e são encontradas em maior quantidade nas angiospermas (BRIDLE & TIMBERLAKE, 1997).

As funções desempenhadas pelas antocianinas nas plantas são variadas: antioxidantes, proteção à ação da luz, mecanismo de defesa e função biológica. As cores vivas e intensas que elas produzem têm um papel importante em vários mecanismos reprodutores das plantas, tais como a polinização e a dispersão de sementes (VIZZOTTO, 2012).

As antocianinas foram descritas por Narayan et al. (1999), como um potente antioxidante quando comparado com antioxidantes clássicos como butilato hidroxil anisol, butilato hidroxil tolueno e alfa tocoferol (vitamina E). Este agente natural, quando adicionado a alimentos, além de conferir a coloração aos alimentos proporciona a prevenção contra auto oxidação e peroxidação de lipídeos em sistemas biológicos.

Um grande número de antocianinas é derivado das diferentes combinações possíveis entre antocianidinas, açúcares e ácidos orgânicos, sendo conhecidas mais de 600 antocianinas (KONCZAK & ZHANG, 2004).

REFERÊNCIAS

- ABDELNUR, P. V. **Metabolômica e espectrometria de massas**. Brasília: Embrapa, 2011. Circular Técnica.
- AKSIC, M. F.; NIKOLIC, M.; RADOVIC, A.; MILIVOJEVIC, J.; NIKOLIC, D. Yield components and fruit quality of promising yellow fruit raspberry seedlings. **Acta Horticulturae**, n.926, p.143148, 2012.
- ALAM, I.; SHARMIN, S. A.; NAHER, M. K.; ALAM, M.; ANISUZZAMA, M.; ALAM, M. F. Elimination and detection of viruses in meristem-derived plants of sweet potato as a low-cost option toward commercialization. **Biotech**, v. 3 n. 2. p. 153-164, 2013.
- ALCAYAGA, C. G. M. Principales variedades de frambueso em Chile. In: ALCAYAGA, C. G. M. **Aspectos relevantes em la producción de frambuesa (*Rubus idaeus* L.)**. INIA, 2009, p. 27-34 (Boletín INIA, 192).
- AMALIA, F.; DEBNATH, S. C.; YEOUNG, Y. R. Effects of calcium gluconato and ascorbic acid on controlling shoot necrosis during micropropagation of primocane-fruited raspberry (*Rubus idaeus* L.) cultivars. **African Journal Biotechnology**, v.13, p.4361-4368, 2014.
- ANCOS, B.; CANO, M. P.; GONZÁLES, E. M. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A**, v.208, p.33-38, 1999.
- ANTUNES, L. E. C. **Aspectos fenológicos, propagação e conservação pós-colheita de frutas de amoreira-preta (*Rubus* spp.) no Sul de Minas Gerais**. 1999. 129 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 1999.
- ANTUNES, L.E.C.; TREVISAN, R.; GONÇALVES, E. D.; FRAZON, R. C. Produção extemporânea de amora-preta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p.430-430, 2006.
- ARRUDA, S. C. C.; SOUZA, G. M.; ALMEIDA, M.; GONÇALVES, A. N. Anatomical and biochemical characterization of the calcium effect on *Eucalyptus urophylla* callus morphogenesis *in vitro*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 63, n. 2, p. 143-154, 2000.

ASGHARI, S., ABBAS, S. J., CHEN, L., HE, X., & QIN, Y. Micropropagation of *Myrica rubra* Sieb. and Zucc. using shoot tips and nodal explant. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 17, p. 1731-1737, 2013.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v.99, p.191-203, 2006.

BANDEIRA, J. M., SILVA, C. P., THUROW, L. B., BRAGA, E. J., PETERS, J. A., BIANCHI, V. J. *In vitro* establishment and multiplication of Japanese plum cv. América. **Revista de la Facultad de Agronomía La Plata**, v.112, n.1, p. 44-50, 2013.

BONATO, C. M.; FILHO, C. J. R.; MELGUES, E.; SANTOS, V. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: UEM, 1998. 137 p.

BORTOLINI, A. J. **Avaliação de diferentes sistemas de condução para a cultura da framboeseira no Planalto Sul Catarinense**. 2016. 75p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

BOWEN-FORBES, C. S.; ZHANG, Y.; NAIR, M. G. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, s.n., p.554-560, 2010.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, Washington, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.

BUSHWAY, L.; PRITTS, M.; HANDLEY, D. Raspberry and blackberry production guide for the Northeast, Midwest, and Eastern Canada. **Natural Resource, Agriculture and Engineering Service Publication NRAES-35**, v. 35, New York, 2008, 157 p.

CAMPAGNOLO, M. A. **Enraizamento de estacas, sistemas de poda e seleção de cultivares de amoreiras e framboeseiras para regiões subtropicais**. 100 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.

CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.; CAVIGLION-E, J. H.; BORROZZINO, E. Análise histórica do clima paranaense. IAPAR. Disponível em: <www.iapar.br/arquivos/file/zip_pdf/analise6>. Acesso em: 22 set. 2019.

CARVALHO, A.C., TORRES, A. C., BRAGA., E. J. B., LEMOS, E. E., SOUZA, F. V., WILLADINO, L., CÂMARA, T. R. Glossário de Cultura de Tecidos de Plantas. **Plant Cell Culture and Micropropagation**, v. 7. n.1, p.30-60, 2011.

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

COELHO, R. M.; CARVALHO, A. J. C. de; THIEBAUT, J. T. L.; SOUZA, M. F. Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro smooth cayenne em resposta à adubação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33. n. 2, p.173-179, 2010.

COUTO, M. **Propagação *in vitro* dos porta-enxertos híbridos de pessegueiro "Barrier" e "Cadman" (*Prunus* sp.)**. Pelotas: Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fruticultura de Clima Temperado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2003.

CURI, P. N. **Enraizamento de estacas, cobertura plástica e densidade de plantio na produção e qualidade das frutas da framboeseira 'Batum'**. 96 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

DAUBENY, H. A. BRAMBLES. In: JANICK, J. E.; MOORE, J. N. (Ed.). **Fruit breeding, tree and tropical fruit**. New York: J. Willey, 1996. v.1, p. 252-286.

DEGASPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visao Academica**, Curitiba, v.5, n.1, p. 33-40, 2004.

DOBRAWSKI, J., SILVA, J. A. Micropropagation of apple - A review. **Biotechnology Advances**, v.28, p.452-488, 2010.

EPSTEIN, E.; BLOMM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2004. 85 p.

ERIG, A. C., SCHUCH, M. A., SILVA, L. C. Multiplicação *in vitro* de macieira (*Malus domestica* BORKH.) cv. Galaxy: Meio de cultura e agentes solidificantes alternativos. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 10, n. 3, p. 297-302, 2004.

FEHER-JUHASZ, E., MAJER, P., SASS, L., LANTOS, C., CSISZÁR, J., TURO´CZY, Z., MIHA´LY, R.; A., MAI; HOVA´TH, G. V.; VASS, I.; DUDITS, D.; e PAUK, J. Phenotyping shows improved physiological traits and seed of transgenic wheat plants expressing the alfafa aldose reductase under permanent drought stress. **Acta Physiol Plant**, v.36, p.663-673, 2014.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. B. do. Crescimento inicial, nı́veis crı́ticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

FRANCE, A. Manejo de enfermedades en frambuesa. In: DÍAZ, P. U.; SCHULDES, S. V. **Manual de frambuesa**. Boletín INIA, n. 264. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuárias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2013, 108 p.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P. D.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantification of phenolic compounds and ascorbic acid in fruits and frozen pulp of acerola, cashew, strawberry and guava. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2291-2295, 2013.

GAMBORG, O. L.; MURASHIGE, T.; THORPE, A.; VASIL, K. Plant Tissue Culture Media. **In Vitro**, v. 12, p.473-478, 1976.

GEORGE, E. F.; HALL, M. A. J. **Plant Propagation by Tissue Culture**. Ed. Springer, 2008, 503 p.

GONÇALVES, E. D.; PIO, R.; CAPRONI, C. M.; ZAMBON, C. R.; SILVA, L. f. de O. da. **Implantação, cultivo e pós-colheita de framboesa no Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 5. (Circular Técnica, 145).

GONZÁLEZ, M. I. Sistema de conducción y poda de frambuesa. In: DÍAZ, P. U.; SCHULDES, S. V. (Ed.). **Manual de Frambuesa**. Boletín INIA, n. 264. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuárias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, p.7-10, 2013.

GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. **Introdução ao conceito de biotecnologia**. Brasília: SPI/EMBRAPA, v.2, p.1- 48., 2007.

GUERRA, M. P.; NODARI, R. O.; FRAGA, H, P, F.; VIEIRA, L. N.; FRITSCHÉ, Y. **Biotechnologia**. Florianópolis: UFSC, 2016, relatório técnico.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J. The anthocyanins. In: **The flavonoids: advances in research since**. Chapman & Hall, London, p.1-20, 1988.

HARSHMAN, J. M.; JURICK, W. M.; LEWERS, K. S. WANG, S. Y. WALSH, C. S. Resistance to *Botrytis cinerea* and quality characteristics during storage of raspberry genotypes. **HortScience**, v.49, n.3, p.311-319, 2014.

HAZARIKA, B. N. Morpho-physiological disorders *in vitro* culture of plants. **Scientia horticulturae**, 108:105-120, 2006.

HEIDE, O. M.; SONSTEBY, A. Physiology fo flowering and dormancy regulation in annual-and-biennial-fruited red raspberry (*Rubus idaeus* L.). **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, v.86, n.5, p.433-442, 2011.

HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food and Chemical Toxicology**, v.37, p.937-942, 1999

IAPAR. Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná. IAPAR. Disponível em: <www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1043>. Acesso em: 30 set. 2019.

JÚNIOR, M. U. F. **Utilização de biorreatores de imersão temporária na micropropagação de batata-doce**. 2015. 50p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

KAUR, S.; DAS, M. Functional foods: an overview. **Food Scientific Biotechnology**. v.20, n.4, p.861-875, 2011.

KEEP, E. Primocane (autumn)-fruiting raspberries: a review with particular reference to progress in breeding. **Journal of Horticulturae Science**, v.63, n. 1, p.1-18, 1988.

KONCZAK, I.; ZHANG, W. Anthocyanins - more than nature's colours. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v.5, p.239-240, 2004.

KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R.; RIBEIRO, R. S. A cultura da framboeseira. In: KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R. (Org.) **Pequenas Frutas**. Florianópolis: UDESC, 2013. 194p. (Série Fruticultura, 2).

KRÜGER, E.; DIETRICH, H.; SCHÖPPLEIN, E.; RASIM, S.; KÜRBEL, P. Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v.60, sn., p.31-37, 2011.

LEITZKE, L. N.; DAMIANI, C. R.; SCHUCH, M. W. Influência do meio de cultura, tipo e concentração de citocininas na multiplicação in vitro de amoreira-preta e framboeseira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.2, p.352-360, mar./abr. 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p, 2006.

MARCHI, P. M. M. **Propagação, aspectos agronômicos e qualidade de frutas de cultivares de framboeseira**. 2015. 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

MARCHI, P. M. M.; PEREIRA, I. S. dos; PICOLOTTO, L.; GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G.; HOHN, D.; ANTUNES, L. E. C. Caracterização vegetativa e produtiva de cultivares de framboeseira na região de Pelotas-RS. **Revista Congrega Urcamp**, v.1, sn., p.50-58, 2013.

MARO, L. A. C. **Fenologia das plantas, qualidade pós-colheita e conservação de framboesas**. 2011. 137p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 888 p.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de La dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.50, n.1, p.5-18, 2000.

MAYER, N.A.; MATTIUZ, B.; PEREIRA, F.M. Qualidade pós-colheita de pêssegos de cultivares e seleções produzidos na microrregião de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p. 616-621, 2008.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. E. **Principales of plant nutrition**. Bema: IPI, 1987. 562 p.

MISHRA, J., BHANDARI, H., SINGH, M., RAWAT, S., AGNIHOTRI, R. K., MISHRA, S., PUROHIT, S. Hairy root culture of *Picrorhiza kurroa* Roylex ex Benth.: a promising approach for the production of picrotin and picrotoxinin. **Acta Physiol Plant**, v.33, p. 1841-1846, 2011.

MOURA, P. H. A.; CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R.; CURI, P. N.; ASSIS, C. N. de; SILVA, T. C. Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.12, p.1714-1721, 2012.

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

MURASHIGE, T. Plant Propagation Through Tissue Cultures. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v.25, p. 135-66, 1974.

NARAYAN, M.S.; AKHILENDER NAIDU, K.; RAVISHANKAR, G.A; SRINIVAS, L.; VENKATARAMAM, L.V. Antioxidant effect of anthocyanin on enzymatic and nonenzymatic lipid peroxidation. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v.60, n.1, p.1-4, 1999.

OH, H. H. HWANG, K. T., SHIN, M. K., LEE, H. K., KIM, S. Z. Oils in the seeds of Canberries produced in Korea. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.84, p.549-555, 2007.

OLIVEIRA, P. B.; FONSECA, L. L. **A planta de framboesa: morfologia e fisiologia**. Divulgação Agro, [S.1], v. 556, n. 6, nov. 2007.

OLIVEIRA, R. P. de; ROCHA, P. S. G. da; GULARTE, V. F.; SCIVITTARO, W. B. Micropropagação de framboeseira em diferentes concentrações de ferro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2598-2602, 2010.

PAGOT, E. **Cultivo de Pequenas frutas: amora-preta, framboesa, mirtilo**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2006. 41 p.

PAGOT, E. Diagnóstico da produção e comercialização de pequenas frutas. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2., 2004, Vacaria. **Anais**, 2004, p.9-18. (Documentos, 44).

PAGOT, E. Situação e perspectivas da produção de pequenas frutas: cenário da produção de pequenas frutas. In: ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 4., 2010, Pelotas. **Anais**, 2010, 82 p.

PASQUAL, M. **Cultura de tecidos vegetais: tecnologia e aplicações: meios de cultura**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2001.74 p.

PEREIRA, E. R. B.; VENDRUSCOLO, C. T.; GULARTE, M. A.; TORALLES, R. P. Otimização de processamento de cobertura de framboesa (*Rubus idaeus*) pela adição de amido de milho modificado e ácidos cítrico e tartárico. **Revista brasileira de tecnologia agroindustrial**, v.2, n.2, 2008.

PERES, L. E. P. **Nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 30 p.

PIERIK, R.L.M. ***In vitro* Culture of Higher Plants**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1990. 348 p.

PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products.**, Cincinnati, v.63, n.7, p.1035-1042, 2000.

PIO, R; GONÇALVES, E. D. **Cultivo da amoreira preta**. In: **PIO, R. Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. 1.ed. Lavras: MG, 2014. 181p.

POOTHONG, S.; REED, B. M. Increased CaCl_2 , MgSO_4 , and KH_2PO_4 improve the growth of micropropagated red raspberries. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.51, p. 648 – 658, 2015.

POOTHONG, S.; REED, B. M. Modeling the effects of mineral nutrition for improving growth and development of micropropagated red raspberries. **Scientia Horticulture**, v. 165, p. 132–141, 2014.

POOTHONG, S.; MORRÉ, J.; MAIER, C. S.; REED, B. M. Metabolic changes and improved growth in micropropagated red raspberry “Indian Summer” are tied to improved mineral nutrition. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.53, p. 579 – 590, 2017.

PRITTS, M. Primocane-fruiting raspberry production. **HortScience**, v.43, n.6, p.1640-1641, 2008.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.

RASEIRA, M. C. do. B.; GONÇALVES, E. D. G.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L. E. C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 22p. (Documentos, 120).

REY, M. S., BENEMAN, D. P., PINTO, L. S., SILVA, F. S., BRAGA, E. J.B., MOURA, A. B., PIEROBOM, C. R.; e PETERS, J. A. Indução de resistência em arroz contra *Bipolaris oryzae* Breda de Hann, através da expressão constitutiva de um gene de quitinase. **Bioscience Journal**, Uberlandia, 28-5-p.745-752, 2012.

REYES, L., VILLARREAL, J., CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1254-1262, 2007.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**, Oxford, v.4, p.304-309, 1997.

ROBLEDO, P.; DEFILIPPI, B.; BECERRA, C. Cosecha y poscosecha de frambuesa. In: DÍAZ, P. U.; SCHULDES, S. V. (Ed.). **Manual de Frambuesa**. Boletín INIA, n. 264. Chillán, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuárias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2013, 108 p.

SANTA-MARIA, M., PECOTA, K. V., YENCHO, C. G., ALLEN, G., e SOSINSKI, B. Rapid shoot in industrial "high starch" sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. **Plant Cell Tissue Organ Culture**, v. 97, p.109-117, 2009.

SANTANA, L.R.R., MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 217-222, 2004.

SANTOS, C. N., TAVARES, L., PONTES, V., OLIVEIRA, P., FERREIRA, R. B. Poder antioxidante dos pequenos frutos e seus efeitos benéficos para a saúde humana. In: III Colóquio Nacional da Produção de Pequenas Frutas, 3, 2008, Sever do Vouga. **Actas Portuguesas de Horticultura**, n.18, p.97-104, 2011.

SASTRY, K. S., ZITTER, T. A. Management of Virus and Viroids Diseases of Crops in The Tropics. In: **K. S. Sastry, Plant Virus and Viroids Diseases in the Tropics** (p. 149-480). Springer Netherlands, 2014.

SONSTEBY, A.; HEIDE, O. M. Effects of photoperiod and temperature on growth, flowering and fruit yield annual-fruiting red raspberry cultivars (*Rubus idaeus* L.). **Europ. J. Hort. Sci.**, v.37, n.3, p.97-108, 2012.

SOUTINHO, S. M. A.; GONÇALVES, F.; JORDÃO, A.; GUINÉ, R. Evolução dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante durante a maturação de frutos vermelhos (framboesa, groselha e mirtilo) de produção biológica. In: CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA Y CIENCIAS HORTÍCOLAS, v.7., 2013, Madrid, Espanha. **Anais...** Madrid, Espanha, 2013, p. 1-6.

SOUZA, M. B.; CURADO, T.; NEGRÃO, V. F.; TRIGO, M. J. **Framboesa - qualidade pós-colheita**. Folhas de divulgação agro, v.556 n.6, 2007.

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

TAVARES, S. **Maturação e conservação do Tangor “Murcote” (*Citrus reticulata blanco* x *C. sinensis* Osbeck) e de Lima ácida “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tanaka) sob efeito de biorreguladores**. Piracicaba. 115 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo – USP, 2003.

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; KLUGE, R. A. **Framboesa: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais em regiões subtropicais**. Piracicaba: ESALQ, 2013, 33p. (Série Produtor Rural, 55).

TURNER, D. W.; BARKUS, B. Some factors affecting the apparent root transfer coefficient of banana plants (cv. 'Williams'). **Fruits**, Paris, v. 36, n. 10, p. 607-613, 1981.

VELIKY, I. A.; ROSE, D.; ZINK, M. W. Uptake of magnesium by suspension cultures of plant cells (*Ipomoea* sp.). **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 55, n. 9, p. 1143-1147, 1977.

VIZZOTTO, M. Propriedades funcionais das pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 84-88, 2012

VIZZOTTO, M.; FERNANDES, A. Produção de frutos e compostos funcionais de quatro cultivares de morangueiro. **Revista Horticultura Brasileira**, v.30, n.2, p.58-65, 2012.

WANG, Q. M., WANG, L. An evolutionary view of plant tissue culture: somaclonal variation and selection. **Plant Cell Reports**, v. 31, p.1281-1285, 2012.

YAMADA, T. **Potássio: funções na planta, dinâmica no solo, adubos e adubação potássica**. Uberlândia: UFU, 1995. 12 p.

3. SAIS MINERAIS NO CULTIVO *IN VITRO* DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA

RESUMO

Diferentes concentrações de CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 foram estudadas no cultivo *in vitro* de framboesiras das cultivares Heritage, Schöenmann e Willamette, visando fornecer subsídios para ajuste do meio de cultura MS. O cultivo dos explantes foi realizado em meio semissólido, contendo macro, micronutrientes e vitaminas, sendo a cada 30 dias realizados novos subcultivos, totalizando o período de 90 dias. Foram utilizados quinze tratamentos representados pelo fatorial 5 x 3, sendo 5 concentrações de CaCl_2 (220; 440; 660; 880 e 1320 mg L^{-1}), MgSO_4 (185; 370; 555; 740; 1110 mg L^{-1}) e KH_2PO_4 (85; 170; 255; 340 e 510 mg L^{-1}) e três cultivares, com quatro repetições, avaliando-se nos explantes as seguintes variáveis: número de brotações, comprimento das brotações; qualidade das brotações (baixa, média e alta qualidade) e a quantidade de macronutrientes (cálcio, magnésio, potássio, enxofre, nitrogênio e fósforo) e micronutrientes (ferro, manganês, zinco e cobre) acumulados ao final das avaliações. Com base nos resultados obtidos pela regressão estatística, as cultivares apresentam melhor crescimento nos tratamentos com a concentração 792 mg L^{-1} de CaCl_2 , 777 mg L^{-1} de MgSO_4 e 357 mg L^{-1} de KH_2PO_4 . Dessa forma as concentrações usuais de 440 mg L^{-1} , 370 mg L^{-1} e 170 mg L^{-1} de CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 , respectivamente, estão abaixo das necessidades nutricionais da cultura da framboeseira.

Palavras chaves: *Rubus idaeus L.*, nutrição *in vitro*, CaCl_2 , MgSO_4 , KH_2PO_4 .

ABSTRACT

Different concentrations of CaCl₂, MgSO₄ and KH₂PO₄ were studied in *in vitro* tissue culture of the cultivars Heritage, Schöenmann and Willamette, in order to provide subsidies for adjusting the culture medium. The explants were cultivated in a semi solid medium (MS) containing macro, micronutrients and vitamins, with new subcultures being carried out every 30 days, totalizing a 90 days period. Fifteen treatments were employed, represented by the factorial 5 x 3, with five concentrations of CaCl₂ (220; 440; 660; 880 and 1320 mg L⁻¹), MgSO₄ (185; 370; 555; 740; 1110 mg L⁻¹) and KH₂PO₄ (85; 170; 255; 340 and 510 mg L⁻¹), and 3 cultivars with four replications, for the evaluation of the following variables in the propagules: number of sprouts, sprout length; sprout quality (low, medium and high quality) and the amount of macronutrients (calcium, magnesium and potassium) absorbed. Based on the results obtained by statistical regression, the cultivars showed better growth among the treatments with a concentration of 792 mg L⁻¹ of CaCl₂, 777 mg L⁻¹ of MgSO₄ and 357 mg L⁻¹ of KH₂PO₄. Thus, the usual concentrations of 440 mg L⁻¹, 370 mg L⁻¹ and 170 mg L⁻¹ of CaCl₂, MgSO₄ and KH₂PO₄, respectively, are below that nutritional required by the raspberry culture.

Keywords: *Rubus idaeus* L.; nutrients, CaCl₂, MgSO₄, KH₂PO₄.

3.1 INTRODUÇÃO

A framboeseira (*Rubus idaeus* L.) pertence ao grupo das pequenas frutas, as quais se destacam como alimentos que conferem diversos benefícios para a saúde humana e, no campo pela grande necessidade de mão de obra. Além de desempenhar importante papel social, já que sua produção possibilita a obtenção de alto retorno econômico para o produtor (MARCHI et al., 2013).

A espécie pertence à família Rosaceae, seu cultivo é bastante adaptado e desenvolvido nos Estados Unidos, Chile, Nova Zelândia, Austrália, Rússia e alguns países da Europa e em outras regiões com o clima temperado (RASEIRA et al., 2004).

A framboesa se caracteriza por ser um alimento com propriedades nutracêuticas e que está sendo cada vez mais incluída e recomendada nas dietas nutricionais, pois, possui poder antioxidante e diversas propriedades biológicas com alto potencial anticancerígeno, previne doenças cardiovasculares, arterosclerose, obesidade e retarda o envelhecimento (MARCHI, 2015).

De acordo com a USDA (2017) a framboeseira é rica em vitaminas C, E, A, K, B6, niacina, tiamina e riboflavina e alguns sais minerais como potássio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, ferro, zinco e em compostos bioquímicos, tais como: as antocianinas, fitoquímicos quimio-protetores, como os flavonoides, ácidos fenólicos, ácido elágico, ácido Fólico e β -sitoesterol.

A framboeseira apesar de produzir frutos com um grande número de sementes viáveis, não é usualmente propagada sexualmente, em função das sementes apresentarem dormência bastante complexa, além de alta probabilidade de variações genéticas, fato que inviabiliza esse método para produção comercial de mudas (TEZOTTO-ULIANA & KLUGE, 2013).

A propagação de mudas da framboeseira é feita de forma vegetativa, por meio do enraizamento de material remanescente de podas (rebentos) e estacas radiciais, além da cultura *in vitro* de tecidos (OLIVEIRA et al., 2010; ILHA, 2012). O uso de mudas produzidas vegetativamente pelo método tradicional pode acarretar problemas para o plantio, devido à baixa qualidade fitossanitária que estas apresentam. Sendo assim, a micropropagação, também denominada de propagação vegetativa *in vitro*, apresenta-se como a aplicação mais prática e de maior impacto para o cultivo de mudas de framboeseira por possibilitar a produção de mudas

uniformes, com maior vigor, isentas de inúmeras pragas e doenças e ainda por serem mais produtivas do que as convencionais (JUNGHANS & SOUZA, 2013).

No cultivo *in vitro*, as células, tecidos ou órgãos das plantas se desenvolvem em um meio nutritivo e em condições totalmente assépticas e com iluminação e temperatura controladas (CARVALHO et al., 2006). A dinâmica dos nutrientes é de grande importância nos processos fisiológicos, atuando diretamente no desenvolvimento vegetativo, amadurecimento e senescência das plantas (FERGUNSON et al., 1999). Os elementos minerais exigidos em maiores quantidades para o crescimento de plantas são incluídos nos meios nutritivos nas formas de sais inorgânicos, e desempenham um papel importante no crescimento e desenvolvimento das plantas (FIGUEIREDO, 2008).

A formulação comumente utilizada do meio MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962) inicialmente foi desenvolvida para a cultura do tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) e, muitas culturas como a framboeseira (*Rubus idaeus* L.), bem como suas diferentes cultivares, variam a demanda por nutrientes e se tornam diferenciadas, influenciando assim no desenvolvimento, no crescimento e propagação destas. Sendo assim necessária a adequação da concentração dos nutrientes no meio de cultura, pois é isto que irá garantir explantes de melhor qualidade e plantas com o melhor crescimento possível.

A maioria dos estudos sobre nutrição vegetal são realizados com plantas sob condições de campo ou de casa de vegetação, sendo poucas as informações existentes na literatura sobre o comportamento das plantas de framboeseira com relação à nutrição *in vitro* (PAULA, 2010). Poothong & Reed (2015) em estudos preliminares com plantas de framboeseira cultivadas em meio MS, verificaram que os sais minerais: CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 influenciavam significativamente no crescimento e na qualidade da parte aérea das plantas cultivadas *in vitro*. Sendo assim, realizaram estudos para determinação dos efeitos individuais dos sais presentes no meio de cultivo sob as plantas, e observaram que o aumento de CaCl_2 e KH_2PO_4 no meio de cultura interferiu positivamente no comprimento da parte aérea das brotações e que o MgSO_4 influenciou em características foliares. Indicando que o conteúdo mineral presente na parte aérea das plantas está diretamente relacionado ao conteúdo mineral do meio de cultivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros de crescimento e desenvolvimento de plantas de diferentes cultivares de framboeseira *in vitro* sob

diferentes concentrações nutricionais de CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 em meio de cultura MS, bem como verificar a absorção nutricional das novas brotações, estabelecendo as relações mais adequadas para os nutrientes minerais.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Cultivo *in vitro*

O experimento dividiu-se em três etapas, as quais não ocorreram de forma simultânea, porém, todas foram conduzidas no Laboratório de Micropropagação de Plantas do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba-PR. Foram utilizados brotos iniciais das cultivares Heritage, Schöenmann e Willamette de framboeseira, pré-estabelecidos *in vitro* em meio MS a partir de meristemas e fornecidos pela Embrapa Clima Temperado.

Os brotos foram transferidos para o meio de multiplicação contendo sais minerais e vitaminas do meio MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962) acrescidos de 100 mg L^{-1} de mio-inositol, 30 g L^{-1} de sacarose e 1 mg L^{-1} de BAP (6-benzilaminopurina), para obtenção do número de explantes necessários para o experimento. Os explantes consistiram em brotações, medindo $1,0 \text{ cm}$ de comprimento.

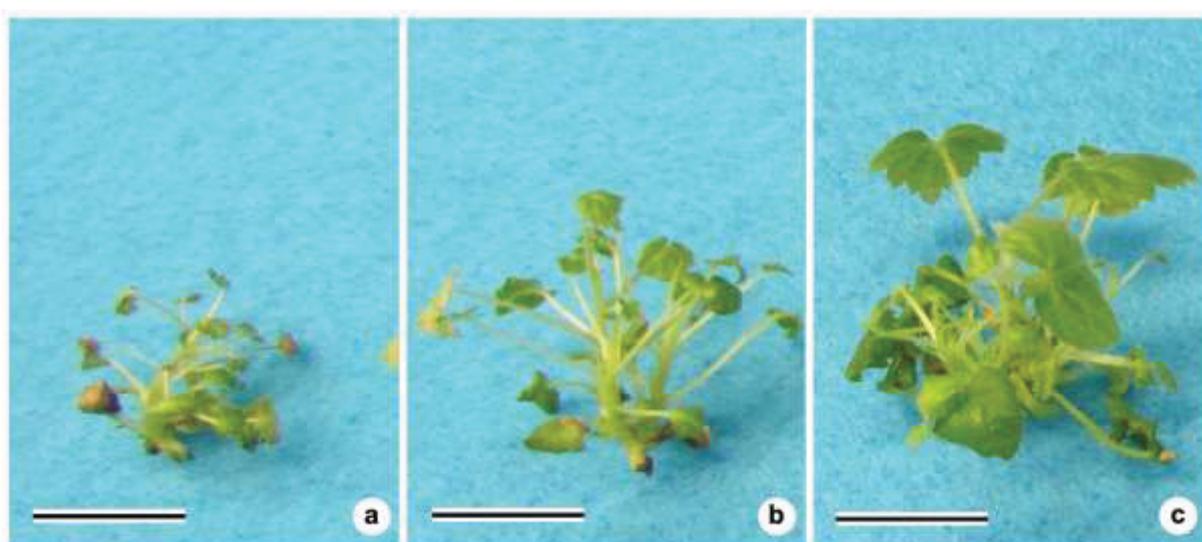
O pH do meio foi ajustado para 5,8, posteriormente foram adicionados 7 g L^{-1} de ágar e autoclavado a 121°C e $1,0 \text{ atm}$ por 20 minutos. O meio foi distribuído em quantidade de 30 mL por frasco com capacidade de 250 mL , vedados com tampas plásticas translúcidas e mantidos em sala de crescimento à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, sob irradiância de $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e fotoperíodo de 16 horas.

Os três experimentos foram organizados nos seguintes tratamentos: CaCl_2 (220 ; 440 ; 660 ; 880 e 1320 mg L^{-1}), MgSO_4 (185 ; 370 ; 555 ; 740 ; 1110 mg L^{-1}) e KH_2PO_4 (85 ; 170 ; 255 ; 340 e 510 mg L^{-1}). Vale salientar que as concentrações de 440 , 370 e 170 mg L^{-1} , respectivamente, correspondem ao meio MS e foi utilizado como testemunha. O esquema fatorial foi 5×3 (cinco concentrações de CaCl_2 , MgSO_4 e KH_2PO_4 e três cultivares), totalizando quinze tratamentos por experimento. Cada tratamento foi composto por quatro repetições, sendo cada unidade experimental constituída por dois frascos contendo cinco explantes cada, totalizando 600 explantes.

Para cada experimento as avaliações foram realizadas no intervalo de 30 dias de cultivo, divididos em três subcultivos. Em todos os tratamentos foram avaliadas as seguintes variáveis: número de brotações por explante, comprimento das brotações e qualidade das brotações (1= baixa, 2= média e 3=alta), sendo esta uma medida subjetiva e visual a qual englobou a avaliação do aspecto geral da parte aérea das brotações, levando-se em consideração: coloração e tamanho das folhas, quantidade e tamanho das brotações emitidas, além da presença ou ausência de necrose nas folhas das brotações (Figura 1).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado para os experimentos com sais minerais. Foram utilizadas as médias analisadas nos três subcultivos, para posterior análise de regressão.

FIGURA 1. QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA (*Rubus idaeus* L.), cv. HERITAGE CULTIVADAS EM MEIO DE CULTURA MS MODIFICADO (A -BAIXA; B – MÉDIA; C – ALTA). UFPR, CURITIBA-PR, 2017. BARRA DE ESCALA: 1CM.



FONTE: AUTORA

Análise química do tecido vegetal

Foram utilizadas todas as partes dos brotos que encontravam-se inoculados nos diferentes meios de cultura para quantificação de nutrientes. Nas análises de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) foram preparadas amostras com 0,3 g de massa seca de das plantas. Essas amostras foram diluídas em HNO₃ e dissolvidas em H₂O₂.

O P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e Cu foram determinados utilizando espectroscopia de emissão óptica de plasma induzida por indução utilizando o

equipamento Perkin Elmer Optima 4300 (ICP-OES) (Perkin Elmer, EUA), em triplicata. A análise de nitrogênio (N-total) foi efetuada por combustão em analisador CHONS, marca ELEMENTAR, modelo VARIO EL III.

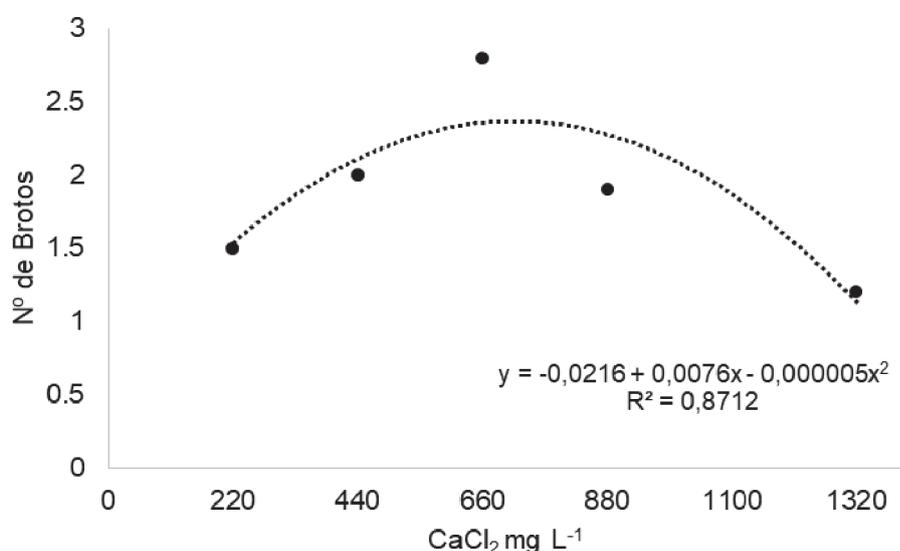
As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias da UFPR, Curitiba-PR.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cultivo *in vitro*

Não houve interação significativa entre as cultivares e as concentrações, nos três experimentos com os sais minerais, para todas variáveis analisadas. O efeito das concentrações foi significativo nos três experimentos. No experimento com diferentes concentrações de CaCl_2 , verificou-se que o número de brotações foi influenciado pelo sal mineral, pois, em baixas concentrações no meio de cultura ocorreram menos de duas brotações por explante e em alguns casos os explantes não chegaram a brotar, da mesma forma ocorreu em concentrações elevadas do sal mineral (Figura 2), indicando que em altas concentrações o CaCl_2 pode apresentar efeito fitotóxico ao explante fazendo com que o mesmo não se desenvolva adequadamente e assim produzir novos brotos. Comportamento semelhante foi verificado por Alanagh et al. (2014), aumentando a concentração de CaCl_2 em até 1320 mg L^{-1} houve um efeito negativo na produção de novos brotos de *Prunus sp.* Para as três cultivares, nos três subcultivos a concentração de 660 mg L^{-1} de CaCl_2 em meio de cultura MS foi a que apresentou a maior produção de brotos, entre dois a três brotos por explante

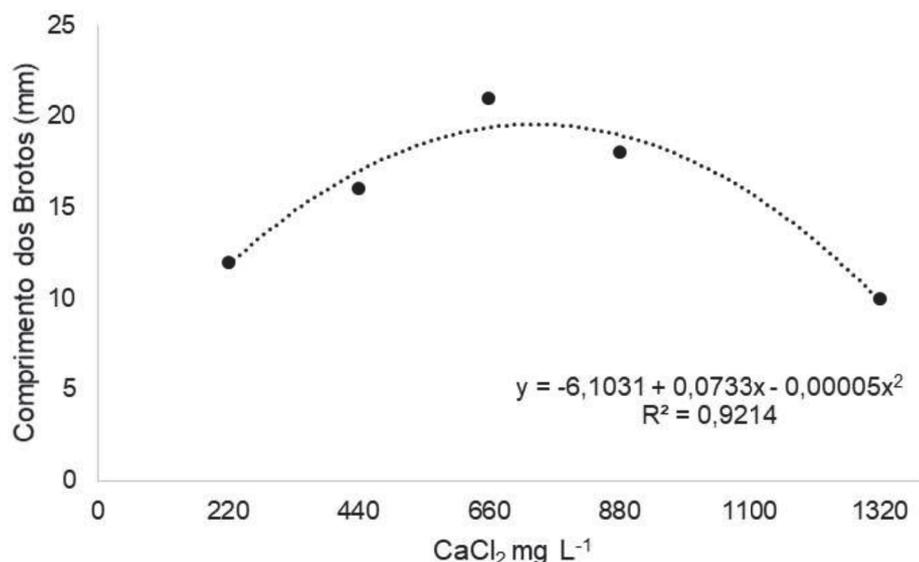
FIGURA 2. NÚMERO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl₂. UFPR, CURITIBA-PR, 2017.



Para a variável comprimento de brotação, verificou-se a existência de interferência das concentrações de CaCl₂ no meio MS para as três cultivares analisadas. Observou-se que a medida que se reduziu a concentração de CaCl₂ para 220 mg L⁻¹ de CaCl₂, ocorreu um baixo crescimento do broto, enquanto que em concentrações muito elevadas como 880 mg L⁻¹ e 1320 mg L⁻¹ de CaCl₂, os explantes para todas as cultivares analisadas não conseguiram atingir o comprimento desejável, sendo então associado com o excesso de Ca ou pela toxidez com o Cl que encontra-se incorporada à solução de sais minerais de CaCl₂ (Figura 3). Segundo Takane et al. (1994), em concentrações muito elevadas de CaCl₂ no meio de cultura, o crescimento de *Gypsophila paniculata* foi reduzido, sendo associado com o excesso de cálcio ou pela toxidez de cloro. Pinto (2012) em estudo realizado com brotos de *Swietenia macrophylla* cultivados *in vitro*, observou comportamento similar quando os explantes foram cultivados nos meios de cultura suplementados com a concentração de 880 mg L⁻¹ CaCl₂. Concentrações elevadas de Ca podem causar clorose foliar e reduzir o crescimento das plantas (REED et al., 2013).

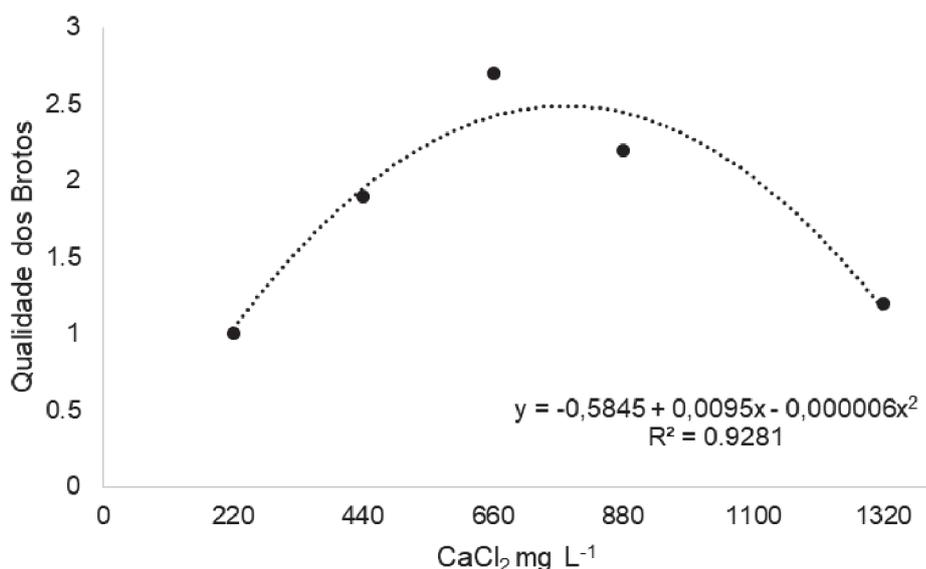
Segundo Poothon & Reed, 2015, o comprimento de brotação considerado indicado para explantes de framboeseira micropropagada é de 20-30 mm, sendo essa faixa de comprimento observada com a concentração de 660 mg L⁻¹ de CaCl₂ em meio nutritivo (Figura 3).

FIGURA 3. COMPRIMENTO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl₂.



No presente estudo a qualidade de brotos apresentou diferença entre os tratamentos para todas as cultivares de framboesiras analisadas e observou-se que houve influência do CaCl₂ na qualidade de formação dos brotos (Figura 4).

FIGURA 4. QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl₂.



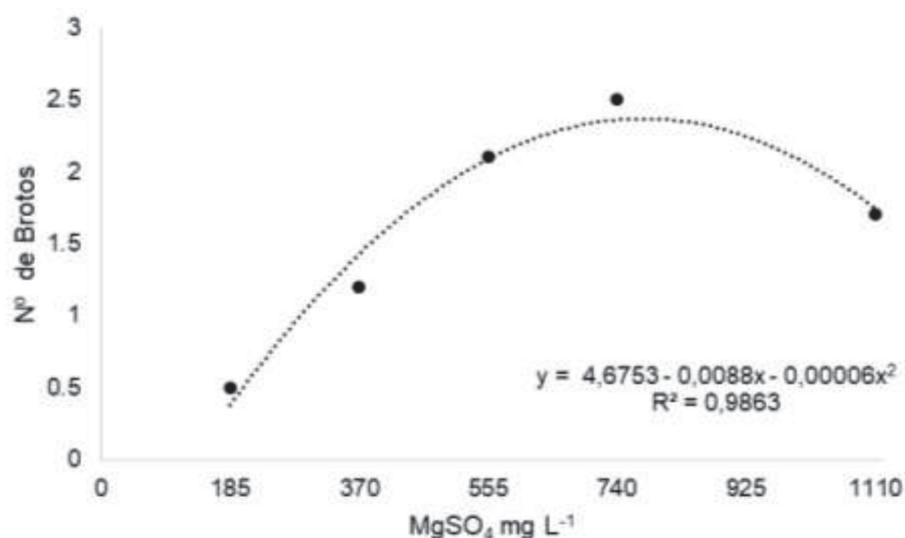
Nas concentrações de 220 mg L⁻¹, 880 mg L⁻¹ e 1320 mg L⁻¹ de CaCl₂, verificou-se que a massa fresca e o aspecto de formação dos brotos demonstraram baixa qualidade visual quando comparada aos demais tratamentos testados. O que pode ter ocorrido é que em função das baixas concentrações a planta não ter

energia suficiente para translocar o Ca às regiões mais distais para a formação de novos tecidos e manutenção da integridade estrutural das membranas e principalmente da parede celular, dessa forma sua deficiência leva à senescência precoce (MALAVOLTA, 2006). Ainda segundo Vitti et al. (2006) a baixa qualidade na formação dos brotos, bem como o déficit no crescimento dos mesmos podem ser devido a falta de Ca, uma vez que esse elemento não é remobilizado na planta. Prado (2008) comentou que plantas de café (*Coffea arabica* L.) sob condições de deficiência de Ca, apresentaram redução no nível de clorofila e de proteínas solúveis. Em tecidos deficientes em Ca, o prejuízo para a integridade da membrana leva ao aumento na velocidade da respiração e na degradação de proteínas e clorofila (TAIZ et al., 2017).

A maior média da qualidade de brotos de framboeseira para as três cultivares analisadas, em meio de cultura MS, contendo 660 mg L^{-1} de CaCl_2 indicando que foi a concentração mais indicada para a obtenção de brotos com desenvolvimento desejável, nas três cultivares estudadas. Conforme observado por Pinto (2012) o bom desenvolvimento da parte aérea do broto está relacionado com a suplementação de cálcio, uma vez que o elemento é associado à manutenção da estabilidade da membrana e à estabilidade da parede celular, podendo então atuar como um tipo de mensageiro secundário dentro da célula vegetal, o qual vai acoplar alguns sinais ambientais tanto ao crescimento e desenvolvimento da planta. O Ca é um elemento de suma importância para o desenvolvimento de bons brotos, pois este bom desenvolvimento vai ocorrer quando o Ca consegue se ligar com a calmodulina e juntas poder ativar numerosas proteínas envolvidas em uma variedade de processos celulares, como o alongamento e a divisão celular (ZIELINSKI, 1998; PINTO, 2012).

No experimento com diferentes concentrações de MgSO_4 , observou-se que o número de brotações variou significativamente entre as concentrações avaliadas, no período dos três subcultivos (Figura 5). A taxa de brotação dos explantes apresentou aumento sucessivo, em explantes inoculados em meio de cultura onde a concentração de MgSO_4 foi de 740 mg L^{-1} , desenvolvendo entre dois a três brotos por explante, faixa que está dentro da indicada para a cultura da framboeseira, que é de aproximadamente de dois a quatro brotos por explante (POOTHONG E REED, 2014).

FIGURA 5. NÚMERO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE $MgSO_4$. UFPR, CURITIBA-PR, 2017.

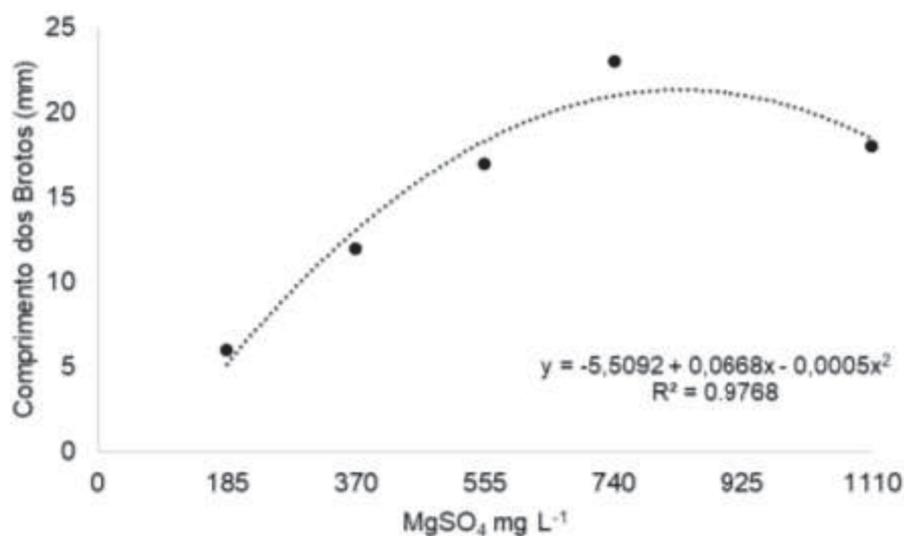


Comportamento semelhante ao relatado por Poothong e Reed (2015), onde meios de cultivo com 1110 mg L⁻¹ de $MgSO_4$, também apresentaram uma redução na produção de novos brotos de cultivares de framboeseira, indicando que o mineral apresenta grande influência sobre a formação de novas brotações. Sugere-se então que a formação do elevado número de brotações por explante, cultivados até determinada concentração de $MgSO_4$, está associado ao fato de que, os explantes utilizam com eficiência a quantidade do nutriente armazenada nos tecidos vegetais, já que o magnésio é de fácil translocação na planta, e encontra-se no núcleo celular onde pode ser translocado facilmente pela planta (ROCHA & OLIVEIRA, 1996). Cabe salientar que, embora o magnésio seja de suma importância para o crescimento e desenvolvimento vegetal, por ser essencial a fotossíntese, participando dos processos metabólicos como a formação de ATP nos cloroplastos, além de atuar na síntese proteica, formação de clorofila, carregamento do floema, separação e utilização de fotoassimilados, os explantes que se encontravam na presença de altas concentrações de $MgSO_4$, podem ter apresentado redução na formação de novas brotações em virtude de um processo de toxidez sofrido pelos tecidos vegetais.

Para a variável comprimento de brotações, foram constatadas diferenças significativas para as concentrações estudadas, nos três subcultivos (Figura 6). Observou-se que em meios de cultura com 185 mg L⁻¹ e 1110 mg L⁻¹ de $MgSO_4$, o comprimento dos brotos, não atingiram os comprimentos indicados (20-30 mm) para

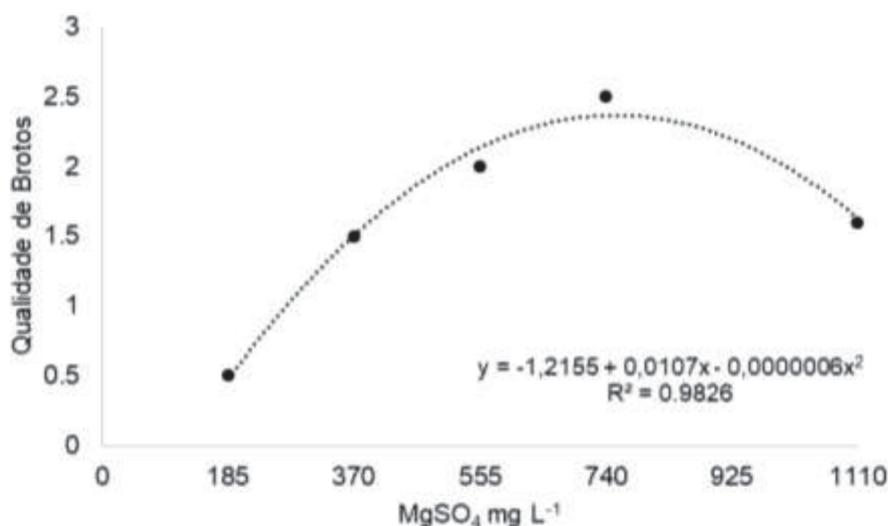
explantes de framboeseira *in vitro*, sendo que o meio nutritivo com 740 mg L⁻¹ de MgSO₄, foi o que apresentou brotações com maiores médias de comprimento (23 mm). Resultado semelhante foi descrito por Wada et al. (2015), em estudo realizado com *Pyrus* sp., onde foram obtidas brotações de aproximadamente 30 mm de comprimento, quando a concentração de MgSO₄ atingiu 740 mg L⁻¹ no meio MS. O comprimento das brotações demonstrou comportamento semelhante em relação ao número de brotações, possivelmente, em função do aumento no suprimento de magnésio para as plantas, favorecer a fotossíntese e o fornecimento de energia para o desenvolvimento dos brotos, visto que este é um processo energeticamente oneroso, todavia, concentrações em excesso tendem a promover uma redução no crescimento e desenvolvimento das brotos, em decorrência de efeitos tóxicos nas células vegetais, além de causar danos por distúrbio no balanço com o cálcio e o potássio, afetando a absorção destes pelas plantas.

FIGURA 6. COMPRIMENTO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MgSO₄. UFPR, CURITIBA-PR, 2017.



A qualidade dos brotos apresentou variação para todas as cultivares de analisadas e observou-se que houve influência do MgSO₄ na constituição das novas brotações (Figura 7).

FIGURA 7. QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MgSO₄. UFPR, CURITIBA-PR, 2017.



Os brotos tiveram sua qualidade elevada gradativamente, à medida que a concentração de MgSO₄ acrescida ao meio de cultura aumentou. As concentrações de 185 mg L⁻¹, 370 mg L⁻¹ e 555 mg L⁻¹ de MgSO₄, foram as que apresentaram brotos com qualidade considerada mediana (2,0), quando comparadas aos demais tratamentos, indicando que concentrações mais baixas podem não ser suficientes para translocar o Mg, a todas as regiões dos brotos para atuação como elemento central da molécula de clorofila (NETO, 2006), além de auxiliar na absorção de outros nutrientes como o fósforo (VIEGAS et al., 2004).

A formação de brotos com baixa qualidade, e crescimento reduzido podem estar associados ao déficit de Mg (NAIFF, 2007).

Viegas et al. (2012), estudando níveis de deficiência de macronutrientes em plantas de *Zingiber spectabilis* Griff., afirmaram que com a intensidade da deficiência do nutriente as plantas passaram a ter amarelecimento foliar, seguido de necrose, em função da redução no nível de clorofila, reduzindo assim a qualidade dos propágulos. Todavia, quando os macronutrientes, estão disponíveis em excesso as plantas podem apresentar sinais de toxidez aos tecidos, restringindo a qualidade e produção.

Explantos submetidos a meio de cultura com 1110 mg L⁻¹ de MgSO₄, apresentaram redução na qualidade, produzindo brotos considerados de baixa qualidade (<2,0). Comportamento semelhante foi relatado por Reed et al. (2013), em estudo com *Pyrus* sp., onde as brotações de melhor qualidade (2,5-3,0),

encontravam-se inoculadas em meio de cultura com 740 mg L⁻¹ de MgSO₄, e quando submetidas a concentração 1110 mg L⁻¹ de MgSO₄ a qualidade dos brotos apresentou queda (< 2,0).

Em relação ao crescimento e desenvolvimento de explantes *in vitro*, inoculados em meio de cultura contendo concentrações de KH₂PO₄ diversas, verificou-se que houve diferença entre os tratamentos, porém, o comportamento entre as cultivares não se diferenciou entre si. De modo, que para todas as variáveis analisadas, observou-se o incremento crescente na formação de novos brotos, no comprimento dos brotos, assim como na qualidade dos mesmos quando submetidos a meio de cultura até a concentração de 340 mg L⁻¹ (Figura 8; Figura 9; Figura 10). Visto que, o K desempenha um papel crucial em vários processos fisiológicos que alteram o crescimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas. Esse nutriente atua na regulação da abertura estomática, limitando a perda de água, bem como nos processos fotossintéticos das plantas (CAVALCANTE et al., 2018).

FIGURA 8. NÚMERO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH₂PO₄. UFPR, CURITIBA-PR, 2017.

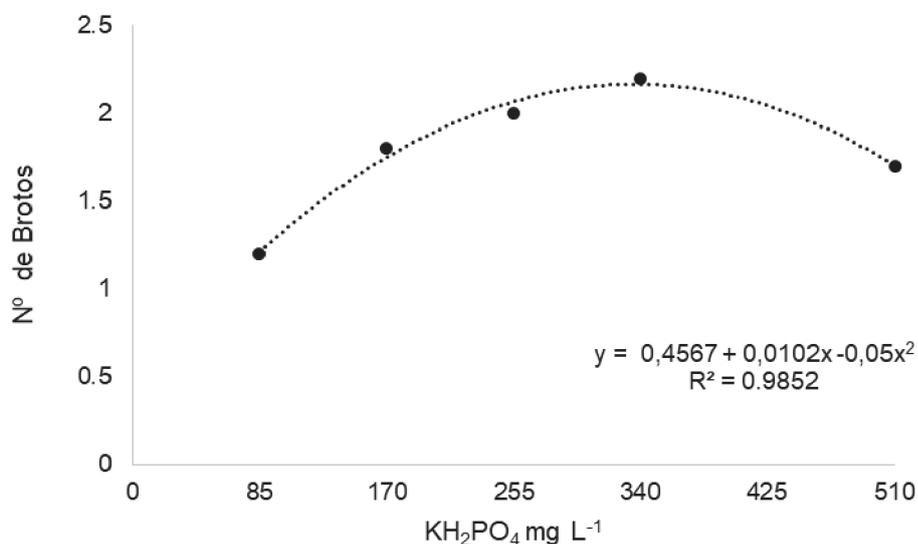


FIGURA 9. COMPRIMENTO MÉDIO DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH_2PO_4 . UFPR, CURITIBA-PR, 2017.

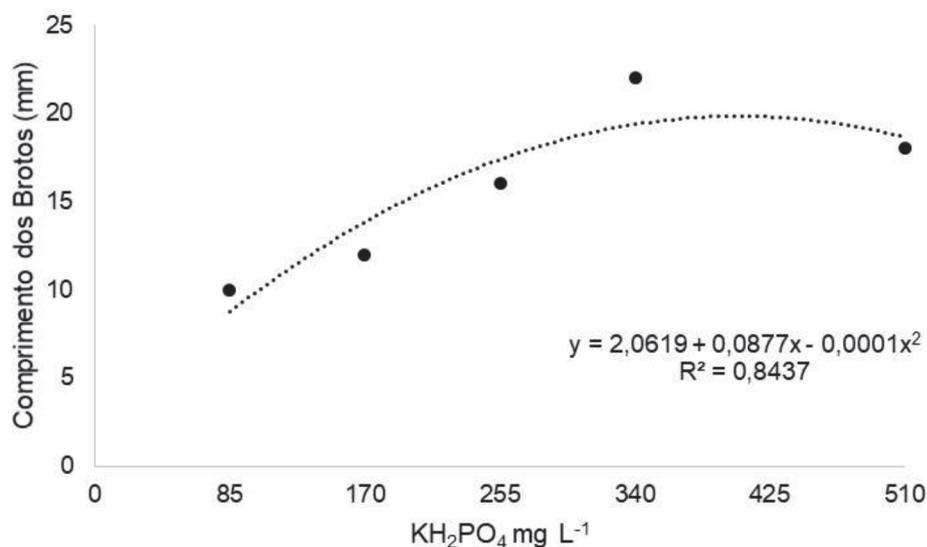
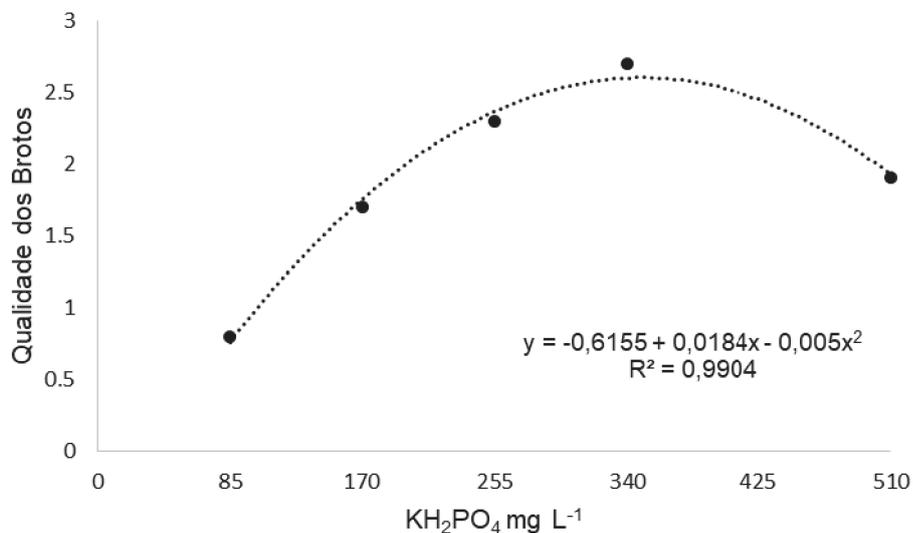


FIGURA 10. QUALIDADE DE BROTAÇÕES DE FRAMBOESEIRA DAS CULTIVARES HERITAGE, SCHÖENMANN E WILLAMETTE, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH_2PO_4 . UFPR, CURITIBA-PR, 2017.



Em explantes cultivados em meio de cultura com 510 mg L^{-1} de KH_2PO_4 , constatou-se a redução no número de brotos, no comprimento e na qualidade dos mesmos, estes resultados estão de acordo com os relatos de Poothong & Reed (2014), em estudos também realizados com a cultura da framboeseira. Podendo estar relacionado a uma resposta causada pela toxidez do próprio nutriente ou inibição da ação de outro, como por exemplo o magnésio, ocasionando a redução do desenvolvimento da planta.

A partir da equação $y = a + bx + cx^2$ a máxima eficiência das concentrações foi estimada em 792 mg L⁻¹ de CaCl₂, 777 mg L⁻¹ de MgSO₄ e 357 mg L⁻¹ de KH₂PO₄ em meio de cultura MS para todas as cultivares e variáveis analisadas e nos três subcultivos realizados. A partir desse ponto máximo a concentração a ser aplicada acaba promovendo efeito fitotóxico ao explante, prejudicando assim o desenvolvimento da planta.

Teor de nutrientes nos explantes

É possível observar que os teores nutricionais apresentaram diferença entre si, decrescendo bruscamente para as maiores concentrações de todos os tratamentos (Figura 11; Figura 12; Figura 13). Os teores de Ca foram elevando-se à medida que aumentou-se a concentração do nutriente, entretanto, para a concentração de 1320 mg L⁻¹, verificou-se redução na absorção do Ca e dos demais elementos nutricionais analisados. Além disso, constatou-se uma queda gradual na absorção do Fe e do Mn, para os tratamentos com a adição progressiva do Ca. Segundo Rufato & Antunes (2016), elevados teores de Ca podem interferir na absorção do Fe e do Mn, ao ponto de as plantas apresentarem deficiências e, conseqüentemente uma redução considerável nos rendimentos.

FIGURA 11. VALORES MÉDIOS DAS CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES EM BROTO DE FRAMBOESEIRA, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CaCl₂. UFPR, CURITIBA-PR, 2018.

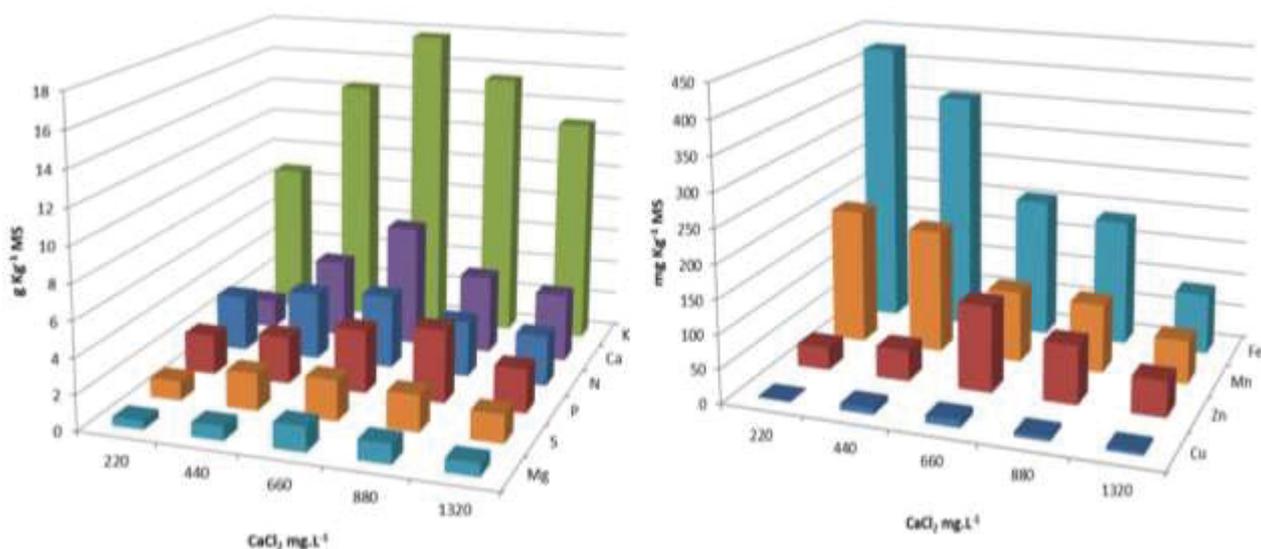


FIGURA 12. VALORES MÉDIOS DAS CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES EM BROTOS DE FRAMBOESEIRA, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE $MgSO_4$. UFPR, CURITIBA-PR, 2018.

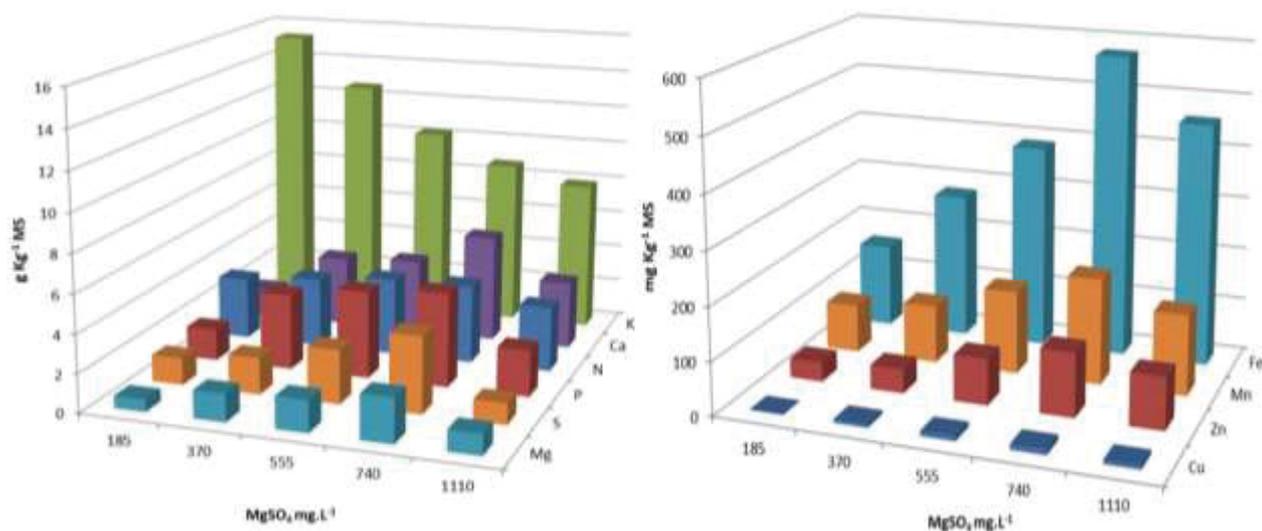
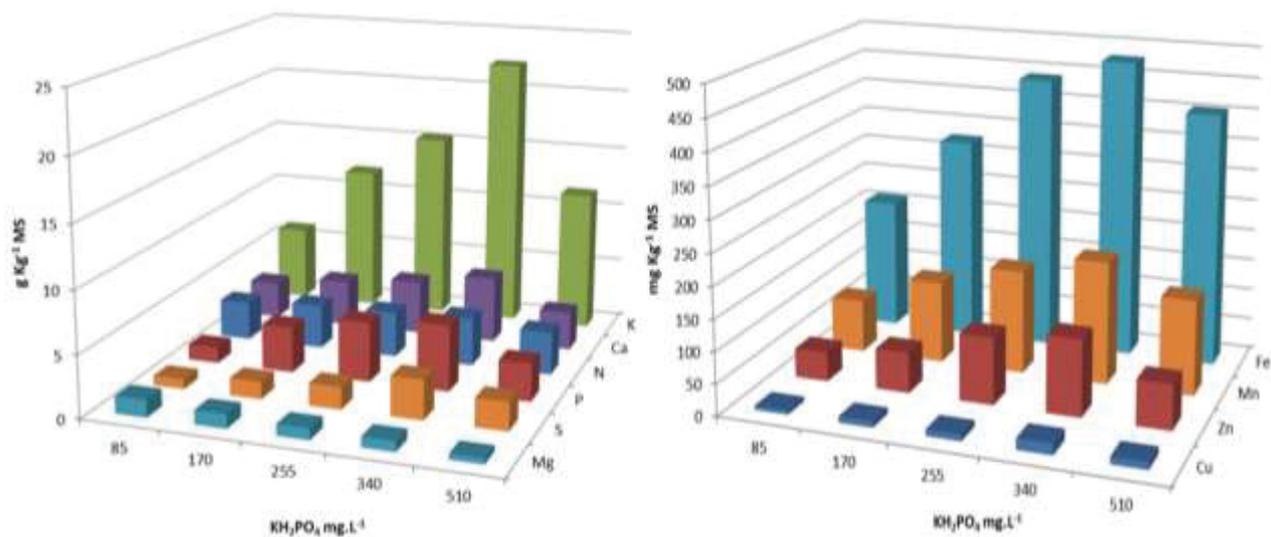


FIGURA 13. VALORES MÉDIOS DAS CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES EM BROTOS DE FRAMBOESEIRA, APÓS TRÊS SUBCULTIVOS EM MEIO DE CULTURA MS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE KH_2PO_4 . UFPR, CURITIBA-PR, 2018.



3.4 CONCLUSÃO

As concentrações recomendadas para o cultivo de framboesiras para $CaCl_2$, $MgSO_4$ e KH_2PO_4 em meio de cultura MS não suprem as necessidades nutricionais, quando cultivadas *in vitro*.

As cultivares Heritage, Schöenmann e Willamette apresentam incremento de até 5% na brotação de explantes, comprimento e qualidade das mesmas quando inoculadas em meio MS contendo 792 mg L⁻¹ de CaCl₂, 777 mg L⁻¹ de MgSO₄ e 357 mg L⁻¹ de KH₂PO₄.

REFERÊNCIAS

ALANAGH, E. N.; GAROOSI, G.; HADDAD, R.; MALEKI, S.; LANDÍN, M.; GALLEGU, P. P. Design of tissue culture media for efficient *Prunus* rootstock micropropagation using artificial intelligence models. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v. 117, p. 349–359, 2014.

CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. de A.; MEDEIROS, M. J. L. **Fatores Inerentes a Micropropagação**: Campina Grande, PB. 2006. 28p. (Embrapa Algodão. Documentos, 148).

CAVALCANTE A. C. P.; CAVALCANTE L. F.; CAVALCANTE A. G.; BERTINO A. M. P. Physiology of *Paluma guava* plants fertilized with potassium and calcium. **Idesia**, v. 36, p.71-80, 2018.

FERGUNSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 4, p. 255-262, 1999.

FIGUEIREDO, A. M.; PASQUAL, M.; ARAUJO, G. A.; JUNQUEIRA, P. K.; SANTOS, C. F.; RODRIGUES, A. V. Fontes de potássio no crescimento *in vitro* de plantas de orquídea *Cattleya ioddigesii*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 255-257, 2008.

ILHA, L. L. H. Produção de amora-preta e framboesa em regiões de clima temperado. **Informe Agropecuário. Pequenas frutas: tecnologias de produção**, v.33, n.268, p.58-68, 2012.

JUNGHANS, T. G.; SOUZA, A. S. **Aspectos práticos da micropropagação de plantas**. Brasília: Embrapa, 2013.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plants**. London: Chapman & Hall, p. 258-316, 1995.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p, 2006.

MARCHI, P. M. M.; PEREIRA, I. S. dos; PICOLOTTO, L.; GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G.; HOHN, D.; ANTUNES, L. E. C. Caracterização vegetativa e produtiva de cultivares de framboeseira na região de Pelotas-RS. **Revista Congrega Urcamp**, Bagé, v.1, sn., p.50-58, 2013.

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

NAIFF, A.P.M. **Crescimento, Composição Mineral e Sintomas Visuais de Deficiências de Macronutrientes em Plantas de *Alpinia Purpurata* Cv. Jungle King**. 2007. 77p. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural da Amazônia.

NETO, D.C. **Combinação de doses de potássio e magnésio na produção e nutrição mineral do Capim – Tanzânia**. 2006. 82p. (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 2006.

OLIVEIRA, R. P.; ROCHA, P. S. G.; GULARTE, V. F.; SCIVITTARO, W. B. Micropropagação de framboeseiras em diferentes concentrações de ferro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.12, p.2598-2602, 2010.

PAULA, Y. C. M. **Nutrição mineral na micropropagação de bananeira**. 2010. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PINTO, F.; **Calogênese e Indução de Gemas Axilares em Mogno (*Swietenia macrophylla* King)**. 2012. 87p. (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná.

POOTHONG, S.; REED, B. M. Increased CaCl_2 , MgSO_4 , and KH_2PO_4 improve the growth of micropropagated red raspberries. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.51, p. 648 – 658, 2015.

POOTHONG, S.; REED, B. M. Modeling the effects of mineral nutrition for improving growth and development of micropropagated red raspberries. **Scientia Horticulture**, v. 165, p. 132–141, 2014.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. 1ed. São Paulo: Unesp, 2008. 408p.

RASEIRA, M. C. do. B.; GONÇALVES, E. D. G.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L. E. C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 22p. (Documentos, 120).

REED, B. M.; WADA S.; DENOMA J.; NIEDZ R. P. Improving in vitro mineral nutrition for diverse pear germplasm. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.49, p. 343–355, 2013.

ROCHA, R. C. C.; OLIVEIRA, O. F. Influência do cálcio, magnésio e nitrogênio no enraizamento de estacas de acerola (*Malpighia emarginata* DC.). **Revista Caatinga**, v. 9, p. 97–102, 1996.

RUFATO, A. R.; ANTUNES, L. E.C. **Técnicas de produção de framboesa e mirtilo**. Brasília: Embrapa, 2016.

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

TAKANE, R. J.; MINAMI, K.; LUCCHESI, A. A.; ALMEIDA, M. Influência do cloreto de cálcio no crescimento de explantes de *Gypsophila paniculata* L. (Caryophyllaceae), cultivados *in vitro*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, p. 235–239, 1994.

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; KLUGE, R. A. **Framboesa: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais em regiões subtropicais**. Piracicaba: ESALQ, 2013, 33p. (Série Produtor Rural, 55).

UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/417?manu=&fgcd=&ds=>> Acesso em: 14, Out. 2017.

VIEGAS, I. J. M.; LIMA, S. S.; LOBATO, da S. K. A.; SILVA da P. S.; CONCEIÇÃO, da O. E. H.; SILVA, S. A. D.; FRAZÃO, D. A. C.; NETO, de O. F. C.; CUNHA, da C. D. Symptoms, growth, nutritional status and accumulation of nutrientes in young *Zingiber spectabile* plants subjected to restriction of macronutrients. **Journal of Food, Agriculture and Environment (Online)**, v. 10, p. 546-550, 2012.

VIEGAS, I. J. M.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, J. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; NAIFF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v, 26, n. 2, p. 315-319, 2004.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-326.

ZIELINSKI, R.E. Calmodulin and calmodulin-binding proteins in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p. 327-335, 1998

WADA, S.; MAKI, S.; NIEDZ, R. P.; REED, B. M. In vitro response and ionic mineral analysis of genetically diverse pear species to increased mesos components (CaCl₂, MgSO₄, KH₂PO₄) in the growth medium. **Acta Physiol Plant**, v. 37, p.1–10, 2015.

4. FENOLOGIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA MICROPROPAGADAS EM CLIMA COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE FRIO HIBERNAL

RESUMO

Estudos que visem avaliar o desempenho agronômico são importantes para definir a adaptação de cultivares a uma determinada região. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento fenológico, a produtividade e a qualidade de frutos de dez cultivares de framboeseira (Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Indian Summer, Polana, Willamette e Shönemann) em condição de inverno ameno nos ciclos produtivos de 2018/2019 e 2019/2020. As plantas foram dispostas em quatro blocos varietais aleatórios, com cinco plantas por parcela. Foram avaliadas as datas de início e final de brotação e floração das hastes, início e final de colheita, produção, massa fresca, pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio*. As cultivares estudadas apresentaram períodos de brotação e floração nos meses de setembro a dezembro, concentrando a colheita nos meses de dezembro a maio. As cultivares que apresentaram melhor desempenho produtivo foram Alemazinha Fallgold e Heritage. Há diferenças entre as cultivares quanto a massa fresca das frutas, pH, teor de sólidos solúveis e a acidez. O *ratio* médio observado, de 5,5 no ciclo produtivo, comprovou que as cultivares avaliadas apresentaram frutas de boa qualidade. As cultivares avaliadas apresentaram atributos físicos e químicos de qualidade compatível com a framboesa de outras regiões tradicionalmente produtoras.

Palavras chaves: pequenas frutas, *Rubus idaeus L.*, produtividade, qualidade de frutos.

ABSTRACT

Productive performance evaluation is essential for the definition of the raspberry cultivars with the best adaptation for a given region. The present study aimed to evaluate the phenological behavior, productivity and fruit quality of ten raspberry cultivars (Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Indian Summer, Polana, Willamette and Schöenmann) in a mild winter condition, during the productive cycles of 2018/2019 and 2019/2020. The plants were arranged in four random varietal blocks, with five plants per plot. The start and end dates of sprouting and flowering of the stems, beginning and end of harvest, production, fresh weight, pH, soluble solids content, titratable acidity and ratio were evaluated. The studied cultivars presented periods of sprouting and flowering between the months of September to December, concentrating the harvest in the months of December to May. The cultivars that presented the best productive performance were Alemazinha, Fallgold and Heritage. There are differences between the cultivars in terms of fresh fruit mass, pH, soluble solids content and acidity. The average ratio of 5.5 observed in the production cycle proves that the evaluated cultivars presented good quality fruits. The raspberry from the assessed cultivars contained physical and chemical characteristics of a quality compatible with raspberries from other traditionally producing regions.

Keywords: small fruits, *Rubus idaeus L.*, productivity, fruit quality.

4.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a fruticultura de clima temperado tem se caracterizado por uma ampliação regional significativa, deixando de ser praticada somente em regiões tradicionalmente produtoras do Sul do país, deslocando-se para regiões não tradicionais de cultivo. Com isso, muitos pomares foram instalados em áreas pouco pesquisadas quanto à adaptação climática das espécies e cultivares. O início da safra das frutíferas de clima temperado em regiões de inverno ameno ocorre em época antecipada, em relação locais como o Rio Grande do Sul. Essa precocidade de maturação é decorrente do clima hibernal mais quente, seguido de temperaturas amenas ao final do inverno e elevada na primavera (MOURA, 2012).

O cultivo de framboeseira (*Rubus idaeus* L.) é restrito aos estados do Sudeste e Sul do Brasil. Esta é uma planta de clima temperado, que se adapta bem a baixas temperaturas e verões relativamente amenos (CAMPAGNOLO, 2012). A framboeseira quando cultivada em regiões de clima frio pode chegar a produzir 7,39 t ha⁻¹, sendo, uma excelente opção para a fruticultura, pois, possui grande perspectiva em função das pequenas áreas de cultivo, alto rendimento econômico e a possibilidade de agregar valor ao produto final (GONÇALVES et al., 2011). Entretanto, existem poucos relatos sobre o desempenho produtivo de cultivares no Brasil (PARRA-QUEZADA et al., 2007).

As cultivares reflorescentes emitem rebentos oriundos das raízes (hastes), que se desenvolvem e emitem inflorescência terminal (gemas apicais) (OLIVEIRA et al., 2004). Nas condições do Rio Grande do Sul, os frutos oriundos da inflorescência terminal das hastes primárias amadurecem no final do verão a início do outono (março a maio). Após a poda de inverno, que consiste na redução dessas hastes, as gemas subapicais brotam e emitem novas inflorescências, que originam uma segunda floração na primavera e os frutos amadurecem no início do verão (dezembro a janeiro) (PAGOT, 2006).

As gemas subapicais das hastes das framboeseiras cultivadas na região de Pinhais/PR possuem baixa capacidade de brotação e florescimento após o término do período de dormência. Assim, a opção seria a realização da poda drástica das hastes rente ao solo durante o inverno, visando proporcionar incrementos produtivos em relação à poda de redução de hastes (PARRA-QUEZADA et al., 2007).

O conhecimento do ciclo fenológico é importante no aspecto biológico, mas também como instrumento auxiliar na programação dos tratos culturais e fitossanitários (HOJO et al., 2007). Além disso, pode ofertar suporte a programas de melhoramento genético a fim de fornecer informações importantes no que diz respeito ao tempo necessário para o isolamento dos botões polinizados artificialmente e o tempo demandando da polinização artificial à colheita dos frutos maduros para a extração das sementes. Como a fenologia abrange fenômenos periódicos e sua relação com as condições climáticas, variações podem ocorrer de acordo com o local de cultivo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar os estádios fenológicos, a produtividade e a qualidade de frutos de dez cultivares de framboeseira micropropagadas durante dois ciclos em condição de inverno ameno.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

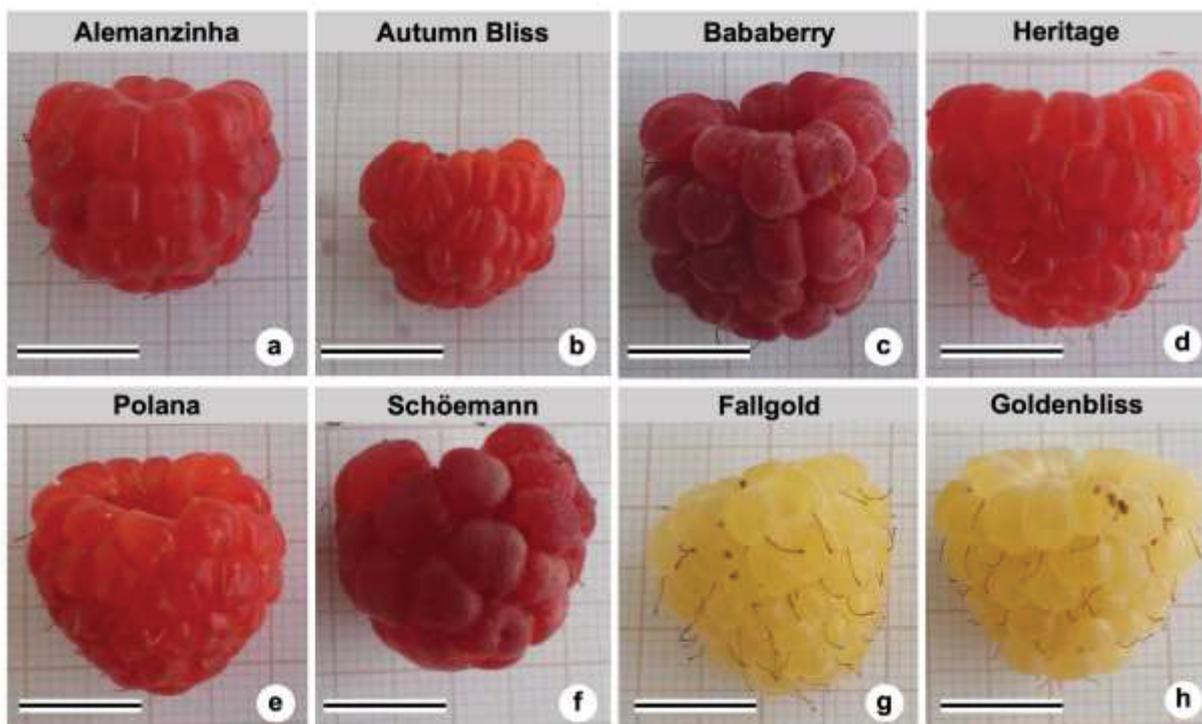
A pesquisa foi conduzida em dois ciclos produtivos: 2018/2019 e 2019/2020 na coleção de framboeseiras instalada no Centro de Estações Experimentais do Canguiri - CEEEx da Universidade Federal do Paraná localizado na cidade de Pinhais - PR, situado em Área de Proteção Ambiental (APA) do Iraí, latitude 25°25'S, longitude 49°08'W e altitude de 930 metros. O clima, segundo classificação climática de Köppen é Cfb (Zona subtropical húmida com verão temperado) (ALVARES et al., 2013). As características climáticas da região: temperaturas máximas, médias e mínimas mensais (°C), assim como a precipitação mensal (mm) e as horas de frio acumuladas durante os dois ciclos estudados, encontram-se representadas graficamente nos APÊNDICES 2 e 3.

O manejo da adubação seguiu o mesmo padrão para todas as cultivares e foi realizado de acordo com os resultados da análise de solo e as recomendações técnicas para a cultura da amoreira-preta para o Estado do Paraná (PAVINATO et al., 2017), em virtude de não haver uma recomendação específica para a cultura da framboeseira.

O solo possuía as seguintes características: pH $\text{CaCl}_2 = 5,1$; $\text{Al}^{+3} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3} = 8,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{+2} = 5,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{+2} = 3,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{K}^+ = 0,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{P} = 12,6 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{C} = 19,0 \text{ g dm}^{-3}$; saturação de bases = 54%. Antes do plantio o solo foi alcalinizado pela incorporação de 2900 kg ha^{-1} (PRNT 100%) de calcário.

A coleção foi composta pelas cultivares: Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Indian Summer, Polana, Schöemann e Willamette (Figura 1).

FIGURA 1 – FRUTAS DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA PRODUZIDAS EM PINHAIS-PR. BARRA DE ESCALA: 1 CM



FONTE: AUTORA

As mudas, obtidas por meio da técnica de micropropagação, foram produzidas no Laboratório de Micropropagação de Plantas do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, Curitiba-PR, propagadas a partir de plantas matrizes fornecidas pelo Laboratório de Micropropagação de Plantas da Embrapa Clima Temperado – Pelotas-RS. O plantio foi realizado em março de 2017 no espaçamento de 1,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, quando as mudas apresentavam aproximadamente 50 cm de comprimento. A condução das mesmas foi em sistema de espaldeira com duas linhas de fios duplos, a altura de 60 cm e 120 cm do solo, sendo realizado o manejo com sistema de irrigação por gotejamento e utilizada manta de polipropileno entrelinhas a fim de se evitar a ocorrência de plantas invasoras. No ciclo 2018/2019 a poda realizada no período de inverno foi apenas para desponde das hastes, entretanto, no ciclo 2019/2020 foi efetuada poda mais drástica, reduzindo as hastes a altura de 60 cm, com o objetivo de uniformizar as brotações. Devido o pomar estar localizado em uma APA, o controle de plantas

invasoras nas linhas foi realizado através de arranquio. Para o controle de doenças, foram realizadas aplicações de calda bordalesa e sulfocálcicas nas plantas, já para o controle e monitoramento de moscas das frutas (*Anastrepha fraterculus*) utilizou-se armadilhas com suco de uva a 25% e para *Drosophila suzukii* armadilhas com a mistura de 20 g de fermento biológico + 50 g de açúcar + 1 L⁻¹ de água.

As avaliações fenológicas foram realizadas semanalmente, de acordo com a descrição dos estádios de desenvolvimento seguindo a escala fenológica desenvolvida para a cultura da framboesa (BBCH ampliada) (SCHMID et al., 2001). Nas datas de início da brotação (07), início (51) e final da floração (71), início (89) e final da colheita (Figura 2).

FIGURA 2 – DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA ESPÉCIE *Rubus idaeus* L. A- INÍCIO DE BROTAÇÃO DAS HASTES; B- EMISSÃO DO BOTÃO FLORAL (INÍCIO DO FLORESCIMENTO). C- FINAL DA FLORAÇÃO; D- INÍCIO DA FRUTIFICAÇÃO; E- FRUTO MADURO (PONTO DE COLHEITA).



FONTE: AUTORA

Os frutos foram colhidos no estágio de maturação completa em cada tratamento, para as avaliações de: produção média por planta (g planta⁻¹), massa fresca do fruto (g); potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável.

Os frutos foram homogeneizados dentro de cada tratamento e selecionados quanto à sanidade e ausência de injúrias e defeitos para retirada das amostras.

O teor de sólidos solúveis medido em °Brix, por meio de refratômetro manual, com leitura direta após adição de uma gota do suco do fruto sobre o prisma do aparelho. A acidez, expressa em porcentagem de ácido cítrico, foi determinada por método potenciométrico, utilizado pHmetro digital. Uma amostra de 10mL de suco foi diluído em 90 mL de água deionizada em um béquer, seguido de titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N até atingir pH 8,2.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizado com quatro repetições, cinco plantas por parcela. Os dados submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, pelo programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

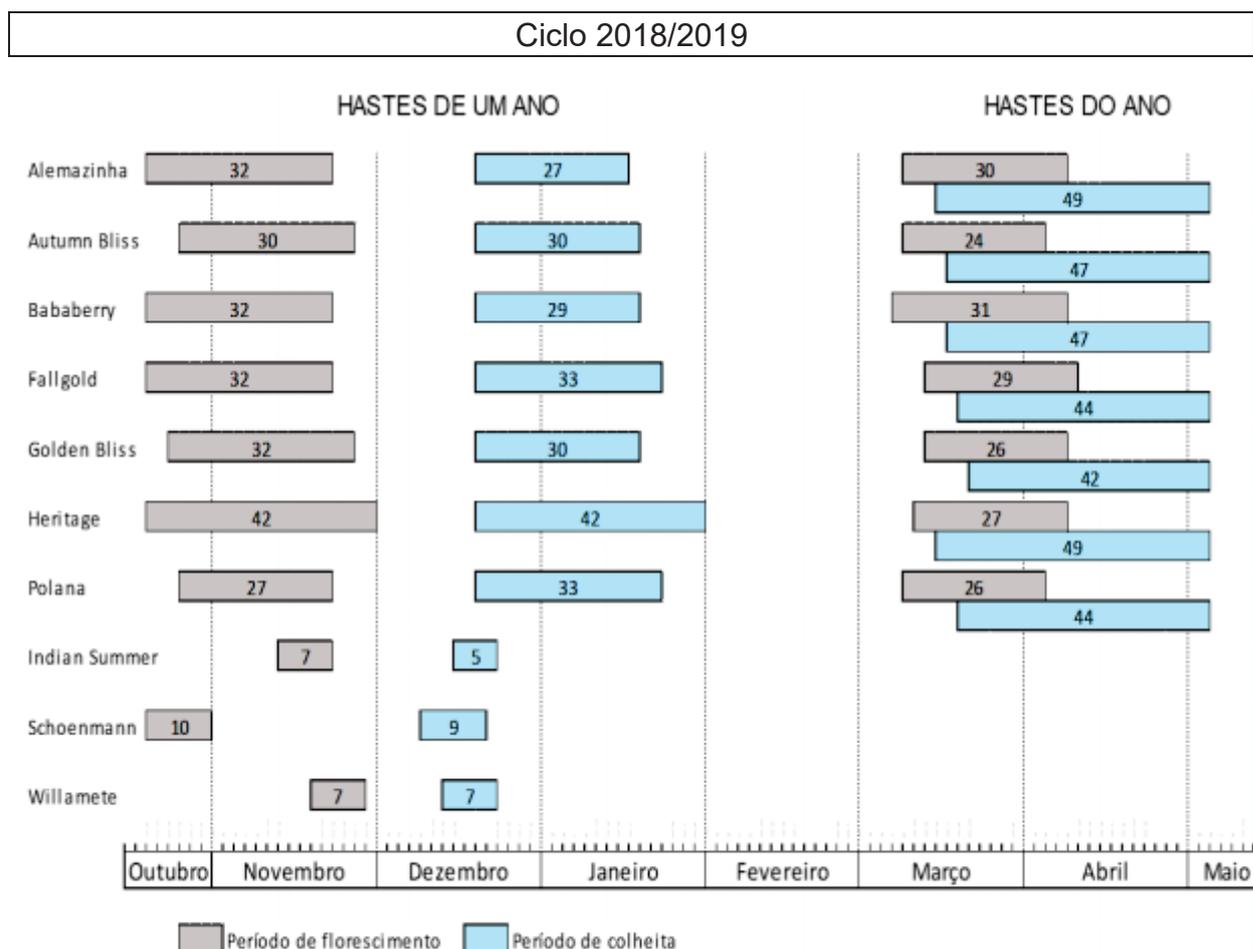
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição da precipitação ao longo dos meses foi desuniforme nos ciclos de 2018/19 e 2019/20 (Apêndice 2) na área de estudo. Por se tratar de planta de pequeno porte e de raiz fasciculada superficial, a framboeseira necessita de disponibilidade regular de água (RASEIRA et al., 2004). Assim, para regularizar a distribuição de água para as plantas, se fez necessário a suplementação com a irrigação nos períodos de menor disponibilidade de água no solo. A partir de setembro, em geral, a framboeseira está iniciando um novo ciclo de crescimento e a falta de água nesse período pode se tornar um fator limitante da produtividade. Com a irrigação, não faltou água para a cultura no local estudado, principalmente no período de maior necessidade hídrica, na época de formação e maturação dos frutos (RUFATO & ANTUNES, 2016).

Porém, água em excesso na fase da colheita pode prejudicar a qualidade dos frutos. Em Pinhais-PR, a colheita do ciclo 2018/2019 iniciou-se, na segunda quinzena de dezembro e se estendeu até a segunda quinzena de janeiro para as hastes de um ano e iniciou-se no mês de março com término no início de maio para as hastes do ano (hastes novas emitidas pelas raízes - produções de outono – cultivares remontantes), com exceção para as cultivares Indian Summer, Schöenmann e Willamette que apresentaram períodos de colheita inferior a 10 dias (Figura 3). Para o ciclo 2019/2020 verificou-se um deslocamento no início da colheita das hastes de um ano que tiveram início na segunda quinzena de novembro e terminaram no final de janeiro (Figura 3), em

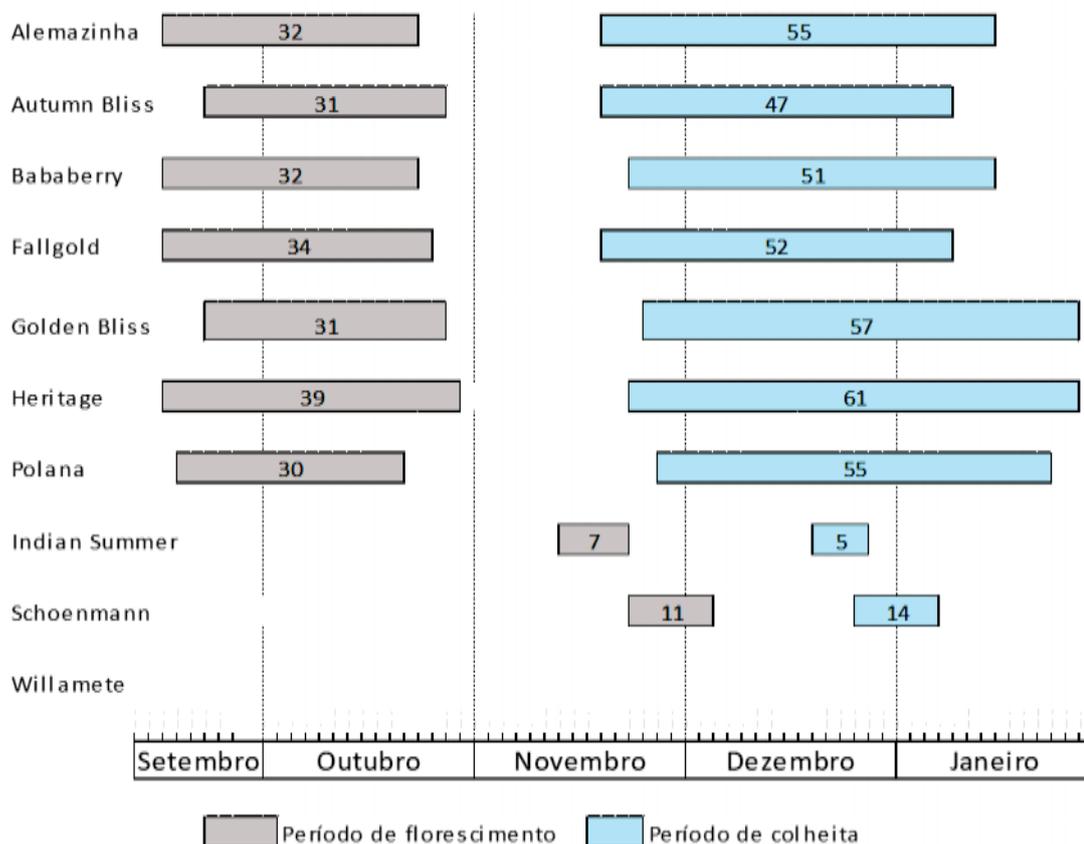
função do período de colheita do referido ciclo estar em transcorrência não foi possível determinar o período final de colheita das hastes do ano. Em nenhum dos anos estudados houve excesso de chuva nesses meses, não sendo a colheita prejudicada por excesso de água (Apêndice 2). No Rio Grande Sul, as colheitas também se concentram entre os meses de dezembro a janeiro (hastes de um ano) e março a maio (hastes do ano) (PAGOT, 2006). Por outro lado, em regiões como o Sul de Minas Gerais, ocorrem antecipação e prolongamento do período de colheita. Essa variação no período da colheita pode estar relacionada ao tipo de poda aplicado nas plantas, pois plantas submetidas a poda drástica invernal (adotada no Sul de Minas Gerais e no ciclo 2019/2020) tendem a uma antecipação no período de colheita quando comparadas a plantas submetidas apenas a poda de redução das hastes praticada no Rio Grande do Sul.

FÍGURA 3 – ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE DEZ CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA NOS CICLOS 2018/2019 E 2019/2020, CULTIVADAS EM PINHAIS-PR.



Ciclo 2019/2020

HASTES DE UM ANO



Houve variações em relação às épocas de florescimento e colheita entre as cultivares e entre os ciclos (Figura 3). No ciclo 2018/2019 o florescimento nas hastes de um ano ocorreu na segunda quinzena de outubro até a segunda quinzena de novembro. Nas hastes do ano, o florescimento se estendeu do início da primeira quinzena de março até início de abril. Já no ciclo 2019/2020, o período de florescimento iniciou na segunda quinzena de setembro até a segunda quinzena de outubro. Essa variação é função da característica genética de cada cultivar em resposta as condições climáticas, como a temperatura, que interfere diretamente na brotação e floração das plantas (ANTUNES et al., 2010).

A duração do florescimento foi semelhante entre os dois ciclos estudados, mas variou entre as cultivares. Em relação a duração da colheita, constatou-se que houve variação entre cultivares e ciclos estudados, sendo que a cultivar Heritage foi a que apresentou o maior período de colheita para ambos os ciclos, com 91 dias no ciclo 2018/2019 e 61 dias no ciclo 2019/2019, levando -se em consideração que no ciclo 2019/2019 foram contabilizadas as colheitas das hastes de um ano e no ciclo

anterior considerou-se as colheita das hastes de um ano e hastes do ano. Ademais, outra observação realizada foi que o ciclo 2019/2020, apresentou duração de período de colheita superior quando comparada ao ciclo anterior (Figura 2). Segundo Curi et al. (2015), uma colheita mais longa facilita o processo de escoamento da produção quando esta se apresenta menos concentrada, possibilitando um escalonamento.

O deslocamento observado no início da colheita entre os dois ciclos, pode ter acontecido devido a ocorrência de um maior acúmulo de horas de frio no ano de 2019, que propiciaram uma brotação antecipada em relação ao ciclo anterior (Apêndice 3). Segantini et al. (2014) observaram que, quanto maior o número de horas de frio, mais rápido ocorreu a superação da dormência, ou seja, menor período para a planta brotar e atingir a colheita e, provavelmente por isso a colheita foi antecipada em 2019/20. Sendo este um período favorável para a comercialização da framboesa no mercado interno, uma vez que esta oferta inicial se dá no período das festas de final de ano, em que ocorre grande procura pelo fruto.

O período dos estádios fenológicos está relacionado às condições térmicas do local em que a cultura é plantada e a temperatura também tem relação com o início da brotação da gema e da floração, influenciando assim, o ciclo de produção da cultura (BLACK et al., 2008). Já os requisitos de calor para o início da brotação das gemas nas plantas frutíferas estão associados a vários fatores, tais como a quantidade de horas de frio requerida, luz, estado nutricional, fatores genéticos e tipo de brotação (florífera ou vegetativa) (JACOBS et al., 2002).

A caracterização dos estádios fenológicos da framboeseira é essencial para obter alta qualidade e rendimento de frutos, pois uma série de práticas de cultivo dependem do reconhecimento de certos estádios fenológicos (SALINERO et al., 2009).

Como outras pequenas frutas, a framboeseira que se desenvolve em clima temperado, com estações bem diferenciadas, requerem um número de horas de frio durante o período de dormência para um crescimento e floração uniforme na primavera (FEAR & MEYER, 1993). O requisito de horas de frio varia entre as cultivares (DALE et al., 2003) e foi descrito como um fator climático básico para a floração e frutificação (ELLOUMI et al., 2013) que tem um forte efeito nos estádios fenológicos (JAVANSHAH, 2010).

As condições do inverno têm uma influência significativa em diferentes fases do ciclo de crescimento anual da framboeseira, particularmente quando se inicia a emissão de botões de flores, na uniformidade da brotação das gemas, floração e no tempo de duração da colheita e de frutificação (TAKEDA et al., 2002). Por outro lado, as altas temperaturas do verão na zona temperada promovem o rápido crescimento de ramos, fazendo com que os mesmos alcancem o estágio de floração mais cedo (HOOVER et al., 1989).

Em climas temperados, framboeseiras apresentam estádios fenológicos definidos (CAREW et al., 2000), mas a mesma cultivar de framboeseira pode apresentar variação fenológica dependendo da intensidade e duração do inverno (TAKEDA et al., 2002). A ocorrência de brotação e floração pode variar de ano para ano devido ao ciclo variável e à acumulação de frio por plantas (GLOZER & INGELS, 2006). A taxa de desenvolvimento e diferenciação de gemas reprodutivas em framboeseira são dependentes do clima, e o momento da diferenciação e florescimento dos brotos florais são variáveis (MOORE & CALDWELL, 1985).

Para os caracteres produtivos número de frutas e produção por planta, foi constatada diferença significativa entre as cultivares no ciclo produtivo (Tabela 1). Estes resultados demonstram que, nas condições do experimento, as cultivares tem comportamento produtivo divergente entre si, semelhante ao observado por Moura et al. (2012) para a variável produção por planta, nas distintas cultivares framboeseiras no Sul de Minas Gerais.

TABELA 1 - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE DIFERENTES CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA EM RELAÇÃO A NÚMERO DE FRUTOS, MASSA MÉDIA DE FRUTOS POR PLANTA, MASSA MÉDIA DOS FRUTOS E PRODUTIVIDADE NO CICLO 2018/2019. PINHAIS-PR.

Cultivar	Número de frutos por planta	Massa de frutos por planta (g)	Massa média dos frutos (g)	Produtividade (t ha ⁻¹)
Alemazinha	49,5 a	93,3 a	1,82 a	1,2 a
Fallgold	37,4 a	71,6 a	1,91 a	0,9 a
Heritage	34,7 a	73,5 a	2,13 a	0,9 a
Bababerry	32,0 b	67,1 a	2,23 a	0,7 b
Golden Bliss	27,8 b	58,8 a	2,13 a	0,7 b
Polana	23,1 b	42,5 a	1,95 a	0,5 b
Autumn Bliss	18,9 b	27,4 b	1,49 a	0,3 b
Shönemann	16,4 b	31,6 b	1,92 a	0,4 b
Indian Summer	6,5 c	9,1 c	1,38 b	0,1 c
Willamette	2,9 c	4,6 c	1,56 a	0,1 c
C.V. (%)	24,58	24,87	7,83	15,96

MÉDIAS SEGUIDAS DA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE SCOTT-KNOTT $P \leq 0,05$.

Características produtivas de framboeseiras apresentam bastante distinção na literatura, demonstrando serem extremamente variáveis conforme as condições de cultivo. Nas condições do Oeste Paranaense, Maro et al. (2012) observaram diferenças entre o número e a produção de frutas, por planta, entre cultivares de framboesa, incluindo 'Heritage' e 'Fallgold', sendo que, os valores das mesmas foram, respectivamente, 20 frutas e 31,2 g planta⁻¹, e 38 frutas e 79 g planta⁻¹, em partes inferiores aos observados no presente estudo (média de 35 frutas e 73,5 g planta⁻¹ para 'Heritage', e 37 frutas e 71,6 g fruta⁻¹ para 'Fallgold'). Para as condições do Sul de Minas Gerais, os mesmos autores observaram diferenças significativas entre cultivares de *Rubus idaeus*, sendo os resultados consideravelmente superiores aos obtidos no presente estudo para Pinhais-PR, pois a cultivar Heritage produziu 290 frutas por planta e 574 g planta⁻¹ no ciclo produtivo 2010/2011; e 240 frutas por planta e 512,9 g planta⁻¹ no ciclo 2011/2012. Estas diferenças de produção podem ser devido a diferenças climáticas da região de produção, idade das plantas, fertilidade do solo, bem como à suplementação de água com irrigação ao longo do ciclo.

As cultivares Indian Summer e Willamette foram as menos produtivas (Tabela 1). Fato que pode estar relacionado, as menores porcentagens de brotação de gemas, observados nas hastes de um ano (Tabela 2). Esta pode ser uma resposta de falta de adaptação climática, além disso a cultivar Willamette inclui-se ao grupo não-remontante, mais exigentes em frio do que as pertencentes ao grupo remontante. A quantidade de horas de frio acumulada nesta região é baixa e de aproximadamente 161,8 horas (BOTELHO et al., 2006). Nos anos da realização deste experimento, foram observadas 58 horas de frio abaixo de 7,2° C até o dia 04 de setembro de 2018, quando ocorreu a brotação das primeiras cultivares e de apenas 67 horas de frio até o dia 23 de agosto de 2019, quando ocorreu o início das brotações (Apêndice 3). Estes valores são insuficientes para satisfazer a exigência das cultivares do grupo não-remontante. Este comportamento de baixa adaptação também foi verificado na região de Lages-SC, para 'Indian Summer', que não produziu na safra cuja somatória de horas de frio foi de 370 horas (SANTOS et al., 2018).

TABELA 2 - PORCENTAGEM DE BROTAÇÕES DAS GEMAS EMITIDAS NA HASTE DE UM ANO APÓS DESPONTE EM CULTIVARES DE FRAMBOESEIRAS. PINHAIS, PR, 2020.

Cultivar	Brotações de Gemas (%)
Alemazinha	75,0 a
Heritage	72,0 a
Fallgold	69,0 a
Bababerry	49,0 b
Golden Bliss	42,0 b
Autumn Bliss	33,0 b
Polana	32,0 b
Schönenmann	10,0 c
Indian Summer	2,00 c
Willamette	1,40 c
C.V. (%)	16,2

MÉDIAS SEGUIDAS DA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE SCOTT-KNOTT $P \leq 0,05$.

A produtividade para as cultivares Alemazinha, Fallgold e Heritage evidenciou-se das demais cultivares, com 1,2 e 0,9 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Abaurre et al. (2017) em cultivos de framboesa na região serrana do Espírito Santo, obtiveram produtividade superior para cultivares de framboeseira (3,4 t ha⁻¹ para 'Heritage' e 2,8 t ha⁻¹ para 'Autumn Bliss'). Porém, em cultivo observado no Planalto Catarinense, Bortolini (2016) relata valores inferiores aos obtidos no presente estudo. Tais observações indicam que valores distintos de produtividade, podem ocorrer em virtude de diferenças climáticas regionais. Contudo, para todos os resultados analisados os valores de produtividade encontram-se abaixo do indicado por Parra-Quezada (2007), de 7,39 t ha⁻¹ para cultivos em região de clima frio. Ainda assim, vale ressaltar que estes resultados demonstram uma plasticidade de adaptação da cultivar Heritage, pois mesmo sendo originada de uma região dos Estados Unidos que chega a acumular 600 horas de frio, produzem em regiões mais quentes.

Para a massa média de frutos, apenas a cultivar Indian Summer se diferenciou das demais cultivares, sendo a que apresentou menor valor de massa (1,38 g). O valor médio de massa de frutos obtidos para as outras cultivares foi de 1,90 g. Entretanto, as cultivares Bababerry (2,23 g), Heritage e Golden Bliss (2,13 g) destacaram-se em relação as demais (Tabela 1). Bortolini (2016) verificou em framboeseiras cultivadas no Planalto Catarinense, massas médias inferiores, variando entre 1,6 a 1,8 g. Em observações realizadas no Oeste Paranaense,

Moura et al. (2012) também encontraram valores de massa de frutos inferiores ao do presente estudo. Todavia, as massas verificadas foram muito baixas, não atingindo as 4 g que Gonçalves et al. (2011) apontam como ideal para frutos de framboesa. Com base nestes resultados, essa diferença de médias por ser relacionada a questões climáticas, que interferem na qualidade dos frutos e que a irrigação pode ter sido o diferencial na massa dos frutos da framboeseira em Pinhais-PR.

As determinações do pH, do teor de sólidos solúveis e acidez total contribuem para a suposição da aceitabilidade dos frutos e foram diferentes entre as cultivares avaliadas (Tabela 3). O pH e acidez titulável da polpa são parâmetros importantes utilizados para indicar a qualidade dos frutos, pois, podem influenciar no tempo de deterioração, através do desenvolvimento de microrganismos, assim como em atividades enzimáticas, além de refletirem o estágio de maturação dos mesmos (LIMA et al., 2013).

TABELA 3 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS FRUTOS DE FRAMBOESEIRA NA SAFRA 2018/2019. PINHAIS-PR.

Cultivar	Teor de sólidos solúveis (°Brix)	pH	Acidez (% ácido cítrico)	Ratio (SS/AT)
Alemazinha	9,4 a	2,4 b	2,09 a	4,5 b
Bababerry	8,2 b	3,2 a	1,47 b	5,6 a
Indian Summer	8,1 b	3,1 a	1,49 b	5,4 a
Fallgold	7,8 b	3,1 a	1,35 b	5,8 a
Willamette	7,7 b	3,0 a	1,45 b	5,3 a
Golden Bliss	7,6 b	3,2 a	1,37 b	5,6 a
Polana	7,3 b	3,4 a	1,33 b	5,5 a
Autumn Bliss	6,5 c	1,7 b	1,65 b	3,9 b
Shönemann	6,4 c	2,7 a	1,47 b	4,3 b
Heritage	6,0 c	2,7 a	1,44 b	4,2 b
C.V. (%)	9,25	15,63	10,66	9,01

MÉDIAS SEGUIDAS DA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE SCOTT-KNOTT $P \leq 0,05$.

As cultivares avaliadas apresentaram baixo pH e com pouca variação, médias de 2,85. Os valores verificados no presente estudo corroboram com que o constatado por Antonioli et al. (2011), que obtiveram pH de 2,70 em framboesa 'Heritage', porém se diferenciam do observado por Ancos et al. (1999), que obtiveram pH superior, com valor de 3,85 para a mesma cultivar.

O teor de sólidos solúveis (SS) é um parâmetro extremamente importante na qualidade das frutas, pois é um indicativo da quantidade de açúcares existentes nas mesmas (KLUGE et al., 2002). A concentração de sólidos solúveis diferiu estatisticamente entre as cultivares, variando de 9,4°Brix para 'Alemãzinha' a 6,0°Brix para 'Heritage' (Tabela 3). Estes valores são semelhantes ao obtido por Moura et al. (2012), que verificaram 6,1°Brix em framboesas 'Heritage' produzidas no Oeste Paranaense, porém no Sul de Minas Gerais o valor foi mais alto para a mesma cultivar (7,2°Brix). Darnell et al. (2006) também constataram valores mais altos para framboesas produzidas em diferentes locais, com valores 9,8°Brix em framboesas 'Heritage' produzidas em Porto Rico, e 13,1°Brix para as produzidas na Flórida.

Nogueira et al. (2002) afirmaram que os teores de SS são reduzidos pela chuva ou irrigação excessiva, em virtude da diluição do suco celular e variam, também, de acordo com o genótipo, assim como são elevados pela temperatura média, no período de alta luminosidade, em razão de elevar a atividade fotossintética, causando um maior acúmulo de carboidratos nos frutos (DHILLON et al., 1990).

A acidez titulável (AT) é um parâmetro que está relacionado com o estágio de maturação das frutas, sendo menor quanto mais madura estiverem (SOUZA et al., 2007). A cultivar Alemãzinha foi a que apresentou maior acidez (2,09% de ácido cítrico), diferindo significativamente das demais cultivares, com 1,33 a 1,49% de ácido cítrico (Tabela 3). Moura et al. (2012) encontraram valores que vão de 1,6 a 2,5% de ácido cítrico em cultivares de framboeseira cultivadas no Oeste Paranaense, incluindo a cultivar Heritage, que apresentou 2,5% de ácido cítrico no referido trabalho, resultado este superior ao observado neste estudo. Os mesmos autores observaram que no Sul de Minas Gerais as frutas apresentam menor acidez, variando de 1,2 a 1,9% de ácido cítrico, demonstrando que o ambiente tem forte influência sobre essa característica da framboesa. Marchi (2015) verificou que frutos cultivados em Pelotas - RS encontram-se na faixa de 1,92 a 2,14% de ácido cítrico.

Observa-se que fatores como as condições de cultivo inerentes às diferentes regiões geográficas de produção, e o genótipo utilizado, influenciam e alteram a expressão da variável acidez titulável em framboesas.

O *ratio* (SS/AT) é um parâmetro de qualidade muito importante, pois expressa o sabor da fruta, ou seja, o equilíbrio entre a acidez e os açúcares. Portanto, uma alta relação SS/AT indica melhor equilíbrio de sabor. No presente estudo, verificou-se que houve diferenças entre as cultivares, pois 'Fallgold' apresentou maior relação SS/AT, com relação de 5,8 enquanto 'Autumn Bliss' apresentou apenas 3,9 (Tabela 3). A literatura descreve um valor médio de SST/AT para framboesas, em geral, de 6,00 (ALCAYAGA, 2009), estando os frutos produzidos na região de Pinhais – PR com relação SS/AT próxima ao desejável. Campagnolo (2012) em estudo realizado no Oeste Paranaense encontrou relações que variam de 2,4 a 5,5, resultado este inferior ao observado neste estudo.

Por outro lado, valores superiores foram observados por Maro (2011) na região da Serra da Mantiqueira – SP, com valores de *ratio* entre 6,6 a 10,4.

Por esses resultados, percebe-se que, frutos quando produzidas em regiões com temperaturas mais brandas no verão e maior amplitude térmica em decorrência da elevada altitude, tendem a apresentar maior equilíbrio entre os sólidos solúveis totais e acidez. Em contraste, o cultivo em regiões com verões mais quentes propicia a produção de frutos mais ácidos. Além disso, as diferenças de relação SS/AT verificadas entre as cultivares, no presente estudo, possivelmente foram influenciadas pelo teor de sólidos solúveis, uma vez que a acidez titulável nas frutas não foi significativamente diferente.

A qualidade das frutas, expressa especialmente por parâmetros como o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável, a *ratio* SS/AT e o pH em framboesas, está fortemente relacionada com diversos aspectos, como os fatores climáticos, o ponto de colheita, além de características inerentes a cada genótipo.

4.4 CONCLUSÃO

As cultivares avaliadas no presente estudo apresentaram período de brotação e floração entre os meses de setembro a dezembro, concentrando a colheita nos meses de dezembro a maio.

As frutas das cultivares avaliadas apresentam atributos físicos e químicos de qualidade compatíveis com a framboesa produzida nas regiões tradicionais.

As cultivares mais produtivas em condição de inverno ameno de Pinhais-PR foram Alemazinha, Fallgold e Heritage.

As cultivares Indian Summer e Willamette não são recomendadas para cultivo na região de Pinhais-PR, por não apresentarem adaptação as condições climáticas locais.

REFERÊNCIAS

ABAURRE, M. E. O.; JUNIOR, J. S. Z.; BALBINO, J. M. S.; GUARÇONI, R. C.; COSTA, H. **Framboeseira: cultivo e pós-colheita na Região Serrana do Espírito Santo – Vitória**, ES: Incaper, 2017, 24 p.

ALCAYAGA, C. G. M. Principales variedades de frambueso en Chile. In: ALCAYAGA, C. G. M. et al. (Ed.). **Aspectos relevantes en la producción de frambuesa (*Rubus idaeus* L.)**. Boletín INIA, Raihuen, n. 192, p. 27–34, 2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711-728, 2013.

ANCOS, B. de; GONZALES, E.; CANO, M. P. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Lebensm Unters Forsch**, v.208, s.n., p.33-38, 1999.

ANTONIOLLI, L. R.; SILVA, G. A. da; ALVES, S. A. M.; MORO, L. Controle alternativo de podridões pós-colheita de framboesas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.9, p.979-984, 2011.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, v.40, n.9, p.1929-1933, 2010.

BLACK, B.; FRISBY, J.; LEWERS, K.; TAKEDA, F.; FINN, C. Heat unit model for predicting bloom dates in *Rubus*. **HortScience**, v.43, p.2000–2004, 2008.

BORTOLINI, A. J. **Avaliação de diferentes sistemas de condução para a cultura da framboeseira no Planalto Sul Catarinense**. 2016. 75p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MÜLLER, M. M. L. Somatória de horas de frio e de unidades de frio em diferentes regiões do Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, v.7, p. 89-96, 2006.

CAMPAGNOLO, M. A. **Enraizamento de estacas, sistemas de poda e seleção de cultivares de amoreiras e framboeseiras para regiões subtropicais**. 100 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.

CAREW, J. G.; GILLESPIE, T.; WHITE, J.; WAINWRIGHT, H.; BRENNAN, R.; BATTEY, N. H. Techniques for manipulation of the annual growth cycle in raspberry. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.75, p.504–509, 2000.

CURI, P. N.; PIO, R.; MOURA, P. H. A.; TADEU, M. H.; NOGUEIRA, P. V.; PASQUAL, M. Produção de amora-preta e amora-vermelha em Lavras-MG. **Ciência Rural**, v.45, n.8, p. 1368-1374, 2015

DALE, A.; SAMPLE, A.; KING, E. Breaking dormancy in red raspberries for greenhouse production. **HortScience**, v.38, p.515–519, 2003.

DARNELL, R. L.; BRUNNER, B.; ALVARADO, H. E.; WILLIAMSON, J. G.; PLAZA, M.; NEGRÓN, E. Annual, off-season raspberry production in arm. season climates. **Horticultural Technology**, v. 16, n. 1, p.92-97, 2006.

DHILLON, B. S.; SINGH, S. N.; KUNDAL.; G. S. Studies on the developmental physiology of guava fruit. **Punjab Horticultural Journal**, Chandigarh, v.17, n. 3/4, p. 212-221, 1990.

ELLOUMI, O.; GHRAB, M.; KESSENTINI, H.; BENMIMOUN, M. Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. mateur in dry and warm área climate. **Scientia Horticulturae**, v.159, p.80–87, 2013.

FEAR, C. D.; MEYER, M. D. L. Breeding and variation in *Rubus* germoplasm for lowwinter chill requirement. **Acta Horticulturae**, v.352, p.295–304, 1993.

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

GLOZER, K.; INGELS, C. Effect of dormant application timing in ‘Bartlett’ pear. **HortScience**, v.41, p.1031, 2006.

GONÇALVES, E. D.; PIO, R.; CAPRONI, C. M.; ZAMBON, C. R.; SILVA, L. F. O.; ALVARENGA, A. A. **Implantação, cultivo e pós-colheita de framboesa no Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 5 p.

HOJO, R. H.; CHALFUN, N. N. J.; HOJO, E. T. D.; SOUZA, H. A.; PAGLIS, C. M.; SÃO JOSÉ, A. R. Caracterização fenológica da goiabeira 'Pedro Sato' sob diferentes épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 29, n. 1, p. 20-24, 2007.

HOOVER, E.; LUBY, J.; BEDFORD, D.; PRITTS, M.; HANSON, E.; DALE, A.; DAUBENY, H. Temperature influence on harvest date and cane development of primocane-fruiting red raspberries. **Acta Horticulturae**, v.262, p.297–303, 1989.

JACOBS, J. N.; JACOBS, G.; COOK, N. C. Chilling period influences the progression of bud dormancy more than does chilling temperature in apple and pearshoots. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.77, p.333–339, 2002.

JAVANSHAH, A. Global warming has been affecting some morphological characters of pistachio trees (*Pistacia vera* L.). **Africa Journal Agricultrae Research**, v.5, p.3394–3401, 2010.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós colheita de frutas de clima temperado**. Campinas, 214 p., 2002.

LIMA, C. A., FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonóides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

MARCHI, P. M. M. **Propagação, aspectos agrônômicos e qualidade de frutas de cultivares de framboeseira**. 2015. 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

MARO, L. A. C. **Fenologia das plantas, qualidade pós-colheita e conservação de framboesas**. 2011. 137p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MARO, L. A. C.; PIO, R.; SILVA, T. C.; PATTO, L. S. Ciclo de produção de cultivares de framboesiras (*Rubus idaeus*) submetidas à poda drástica nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.435-441, 2012.

MOORE, J. N.; CALDWELL, J. D. Rubus. In: **Handbook of Flowering**. Florida, 1985, v.4., p. 226–238.

MOURA, P. H. A.; CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R.; CURI, P. N.; ASSIS, C. N. de; SILVA, T. C. Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.12, p.1714-1721, 2012.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; JUNIOR, J. F. S. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

OLIVEIRA, P. B.; OLIVEIRA, C. M.; MONTEIRO, A. A. Pruning date and cane density affect primocane development and yield of 'Autumn Bliss' red raspberry. **HortScience**, v. 39, p. 520-524, 2004.

PAGOT, E. **Cultivo de pequenas frutas: amora-preta, framboesa e mirtilo**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2006. 41 p.

PARRA-QUEZADA, R. A.; GUERRERO-PRIETO, V. M.; ARREOLA-AVILA, J. G. Efecto de fecha y tipo de poda en frambuesa roja 'Malling autumn Bliss'. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 13, n. 2, p. 201-206, 2007.

PAVINATO, P. S.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; MOREIRA, A. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Ed. SBCS/NEPAR, Curitiba, 2017, 482 p.

RASEIRA, M. C. do. B.; GONÇALVES, E. D. G.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L. E. C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 22p. (Documentos, 120).

RUFATO, A. R.; ANTUNES, L. E.C. **Técnicas de produção de framboesa e mirtilo**. Brasília: Embrapa, 2016.

SANTOS, M. F. S.; KRETZSCHMAR, A. A.; TILLWITZ, K. V.; AGHERAZZI, A.F.; LIMA, J. M.; ZANIN, D.S. **Desempenho agrônomo de cultivares de framboeseira na serra catarinense**. In: 28º Seminário de Iniciação Científica. 28º Seminário de Iniciação Científica, 2018.

SALINERO, M. C.; VELA, P.; SAINZ, M. J, Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). **Science Horticultural**, v.121, p.27–31, 2009.

SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; CUNHA, A. R.; FERRAZ, R. A.; RIPARDO, A. K. S. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 568- 575, 2014.

SOUZA, M. B.; CURADO, T.; NEGRÃO, V. F.; TRIGO, M. J. **Framboesa - qualidade pós-colheita**. Folhas de divulgação agro, v.556 n.6, 2007.

SCHMID, K.; HÖHN, H.; GRAF, B.; HÖPLI, H. Phänologische Entwicklungsstadien der Himbeere (*Rubus idaeus* L.). **AGRARForschung**, v. 8, n. 5, p. 215-222, 2001.

TAKEDA, F.; STRIK, B. C.; PEACOCK, D.; CLARK, J. R. Cultivar differences and the effect of winter temperature on flower bud development in blackberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.127, p.495–501, 2002

6. COMPOSTOS BIOATIVOS DE CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA MICROPROPAGADAS EM CLIMA COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE FRIO HIBERNAL

RESUMO

A framboesa é um alimento com boas propriedades nutricionais e fisiológicas devido à capacidade de reduzir o risco de doenças como câncer e doenças degenerativas. Isso se deve ao seu alto conteúdo de compostos bioativos, mais especificamente as antocianinas. Além disso, essa fruta é conhecida pelo seu sabor e odor agradável, o que torna o consumo uma alternativa saudável e prazerosa, tendo em vista seus benefícios. O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de polifenóis totais, flavonóides e antocianinas totais de framboesa das cultivares Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Polana e Shönemann em região de inverno ameno em Pinhais-PR, Brasil. A cultivar Heritage, apresentou a maior quantidade de polifenóis ($537,07 \text{ mg L}^{-1} \text{ EAG}$), flavonóides ($170,40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e antocianinas ($930 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). As cultivares avaliadas apresentaram relação positiva entre conteúdo total de flavonóides e polifenóis totais. Os resultados confirmaram o potencial da framboesa como fonte de biocompostos, e evidenciaram que existem diferentes concentrações de compostos bioativos conforme a cultivar.

Palavras chaves: *Rubus idaeus L.*; pequenas frutas, alimento funcional; antocianinas.

ABSTRACT

Raspberry is a type of food containing remarkable nutritional and physiological properties due to its ability to reduce the risk of illnesses such as cancer and degenerative diseases. This occurs due to its high content of bioactive compounds, more specifically anthocyanins. In addition, this fruit is known for its pleasant taste and aroma, which makes its consumption a healthy and pleasant alternative, in view of its benefits. The present study aimed to quantify the total levels of polyphenols, flavonoids and anthocyanins in raspberry fruits from the cultivars of Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Polana and Schöenmann in a mild winter region in Paraná, Brazil. Cultivar Heritage presented the highest amount of polyphenols (537.7 mg L⁻¹ EAG), flavonoids (170.4 mg 100 g⁻¹) and anthocyanins (930 mg 100 g⁻¹). The evaluated cultivars presented a positive relationship between the total flavonoid content and total polyphenols. The results confirmed the potential of raspberry as a source of biocompounds, and revealed that there are different concentrations of bioactive compounds depending on the analyzed cultivar.

Keywords: *Rubus idaeus* L.; small fruits, functional food; anthocyanins.

5.1 INTRODUÇÃO

Os seres humanos são expostos, diariamente, a uma série de agentes oxidantes, ou radicais livres, os quais são as moléculas orgânicas e inorgânicas e átomos que contém um ou mais elétrons não pareados com existência independente, sendo altamente instáveis e se multiplicam em cascata (HALLIWEL, 1994; BIANCHI & ANTUNES, 1999). A presença destes radicais é crítica para a manutenção de muitas funções fisiológicas normais, pois podem causar danos às biomoléculas como lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, e também estão ligados a um grande número de patologias, incluindo doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, dislipidemia, hepatopatias, declínio do sistema imune, disfunções cerebrais e envelhecimento celular (AABY et al., 2012; PEREIRA & CARDOSO, 2012).

Para bloquear o efeito danoso dos agentes oxidantes, são indicados os agentes antioxidantes, que constituem um conjunto heterogêneo de substâncias formado por vitaminas, minerais, pigmentos naturais e outros compostos vegetais e enzima, que podem ser de fonte exógena ou endógena (PEREIRA & CARDOSO, 2012). Os agentes exógenos são adquiridos por meio da ingestão alimentar, que está associada, principalmente, ao consumo de frutas e verduras. Desta forma, a identificação de fontes vegetais com alta capacidade antioxidante, seja esta derivada de compostos fenólicos e/ou vitaminas, é de extrema importância (CHEEL et al., 2007). Tais substâncias exercem diversas ações biológicas, como atividade antioxidante, modulação de enzimas desintoxicantes, estimulação do sistema imunológico, redução da agregação plaquetária, modulação do metabolismo hormonal, redução da pressão arterial, atividade antibacteriana e antiviral (MANACH et al., 2004).

Os compostos fenólicos, presentes nos frutos e hortaliças, formam um grupo bastante existente na alimentação diária da população, influenciando no sabor, odor e coloração, além de serem os principais responsáveis pela atividade antioxidante destas (VIZZOTTO et al., 2010).

As framboesas (*Rubus idaeus*) apresentam elevada capacidade antioxidante que oferece benefícios significativos para a saúde (WANG & LIN, 2000). Estes frutos constituem fonte de numerosos fitoquímicos, principalmente ácido elágico, antocianinas e compostos fenólicos (BEEKWILDER et al., 2005) que, juntamente

com outros pequenos frutos como, mirtilo, amora, morango e groselha, os tornam reconhecidamente alimentos com alto poder funcional (PROTAGENTE et al., 2002).

Devido a tais fatos, estudos têm focado na determinação dos conteúdos de nutrientes e fitoquímicos em frutas de plantas do gênero *Rubus* como a amoreira-preta e a framboeseira (ANCOS et al., 1999; WANG & LIN, 2000; LIU et al., 2002; BOWEN-FORBES et al., 2010; KRÜGER et al., 2011; GOLMOHAMADI et al., 2013; HARSHMAN et al., 2014). Estes estudos têm mostrado que fatores bióticos e abióticos desempenham um importante papel na sintetização de metabólitos secundários, que incluem compostos fenólicos e atividade antioxidante das frutas, e muitos deles são voltados para avaliar a influência do ambiente, do genótipo e sistemas de cultivo (ANCOS et al., 1999; DOSSETT et al., 2008; KRÜGER et al., 2011; CURI et al., 2014).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi quantificar os níveis de compostos bioativos em framboesas produzidas a campo em região de inverno ameno no Estado do Paraná, no município de Pinhais.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Amostras

As framboesas foram coletadas, de uma área experimental no Centro de Estações Experimentais do Canguiri - CEEEx da Universidade Federal do Paraná localizado em Pinhais, no Estado do Paraná – Brasil, latitude 25°25'S, longitude 49°08'W e 930 m de altitude e de acordo com a classificação climática de Köppen, zona subtropical húmica com verão temperado - Cfb (ALVARES et al., 2013).

O experimento a campo foi instalado em blocos ao acaso com quatro repetições e cinco plantas por parcela, espaçamento de 2 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. As cultivares avaliadas foram Alemazinha, Autumn Bliss, Bababerry, Fallgold, Golden Bliss, Heritage, Polana e Shönemann. As frutas foram colhidas quando atingiram completa maturação, entre o verão de 2018 e o outono de 2019, sendo separadas por parcela. Foram congeladas a -22°C no mesmo dia da coleta, permanecendo nesta temperatura até o momento das análises. As frutas colhidas de cada parcela foram homogenizadas para a retirada das amostras.

Extratos de frutos

Os extratos de frutas obtidos pela acidificação do etanol com HCl 0,01% (polpa de fruto com sementes + solução extratora – proporção de 5 g: 20 mL) foram utilizados para analisar compostos fenólicos (polifenóis totais), seguindo metodologia descrita por Vizzotto & Pereira (2011).

Para a análise de outros compostos fenólicos, como flavonóides e antocianinas, a obtenção do extrato de frutos ocorreu através do uso de solução extratora (etanol 95% + HCl 1,5 mol.L⁻¹ – proporção de 85:15), em 5 g de polpa peneirada, de acordo com metodologia descrita por Lees & Francis (1972).

Polifenóis

O teor total de polifenóis foi obtido pelo método do espectrofotômetro Folin-Ciocalteu, em que a mistura de ácidos fosfórico volfrâmico e fosfolipídico em meio básico se reduz quando oxida os compostos fenólicos, originando os óxidos de tungstênio (W₈O₂₃) e molibdênio (Mo₈O₂₃), de cor azul. A leitura foi realizada em espectrofotômetro com comprimento de onda de 760 nm.

Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) em 100g de frutos frescos.

Flavonóides e Antocianinas

Os flavonóides e antocianinas totais foram quantificados através do método espectrofotômetro descrito por Lees & Francis (1972). Com leituras a 374 e 535 nm, respectivamente.

Os resultados foram expressos em mg de quercetina por 100 g de frutos frescos (flavonóides) e em mg de pigmento por 100 g de frutos frescos (antocianinas).

Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados. Quatro amostras de cada cultivar foram analisadas em triplicata. Os dados foram submetidos à análise de variância e os valores médios comparados pelo teste de

Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o Assistat 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Polifenóis

Houve variação na quantidade de polifenóis totais entre as cultivares avaliadas. A cultivar Heritage apresentou a maior concentração (537,07 mg 100 g⁻¹), e a menor concentração foi verificada na 'Alemazinha' (359,97 mg 100 g⁻¹) (Tabela 1).

TABELA 1. POLIFENÓIS TOTAIS, FLAVONÓIDES TOTAIS E ANTOCIANINAS TOTAIS EM CULTIVARES DE FRAMBOESEIRA CULTIVADAS EM PINHAIS, PR

Cultivar	Polifenóis (mg 100 g ⁻¹)	Flavonóides (mg quercetina 100 g ⁻¹)	Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)
Alemazinha	359,97 c	108,0 b	350,6 c
Autumn Bliss	387,05 b	140,8 b	537,0 b
Bababerry	449,58 b	130,2 b	510,8 b
Fallgold	472,50 b	59,8 c	-
Golden Bliss	426,67 b	56,8 c	-
Polana	426,65 b	128,4 b	371,2 b
Shönemann	370,40 b	141,0 b	461,4 b
Heritage	537,07 a	170,4 a	930,0 a
C.V. (%)	14,9	13,2	15,9

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Liu et al. (2002) em estudo realizado na América do Norte encontrou teores de polifenóis totais inferiores para 'Heritage' (512,7 mg 100 g⁻¹). Por outro lado, valores superiores foram observados por Pantelidis et al. (2007) na região norte da Grécia, com valores entre 1459 mg 100 g⁻¹ a 2494 mg 100 g⁻¹.

Cabe salientar que fatores como a luz, temperatura, estresse hídrico, afetam a fisiologia dos frutos, desencadeando respostas que podem induzir a síntese de compostos fenólicos (REYES et al., 2007). Principalmente pela rota do ácido chiquímico, na qual a principal enzima é a fenilalanina amônio liase (FAL). A ação dessa enzima é regulada por diversos fatores (MANACH et al., 2004; TAIZ et al., 2017).

Segundo estudos realizados por Howard & Hager (2007) os níveis de polifenóis totais nas cultivares de framboesas variam de 192 a 512 mg 100 g⁻¹. Desta forma, os valores obtidos para polifenóis totais no presente estudo, estão de acordo aos relatados na literatura.

No entanto, observa-se uma ampla gama de valores descritos para compostos fenólicos em frutos vermelhos. De acordo com Mertz et al. (2007), esta ampla gama pode ser atribuída a diferenças genéticas, práticas agrícolas diversas, condições ambientais, estágios de desenvolvimento incluindo níveis de maturação. A estes fatores, os mesmos autores referem que os teores finais dos compostos fenólicos são também afetados pelos diferentes solventes de extração e métodos de análise de quantificação.

Flavonóides

O conteúdo de flavonóides variou significativamente entre as cultivares. Souza et al. (2014) também encontraram variação no conteúdo de flavonóides ao avaliar diferentes genótipos de framboesa.

O maior teor de flavonóides foi encontrado em 'Heritage' (170,4 mg 100 g⁻¹) (Tabela 1). Liu et al. (2002) ao observar diferentes genótipos cultivados em Nova York - EUA, também relataram maiores valores de flavonóides para 'Heritage'. Contudo, os resultados observados foram inferiores (103,4 mg 100 g⁻¹) ao deste estudo.

Essas diferenças verificadas nos teores de flavonóides, podem ser associadas a fatores genéticos que controlam um sistema intrínseco de enzimas, as quais regulam sua síntese e distribuição nas plantas. Vale ressaltar que, fatores extrínsecos como estação do ano, clima, incidência de radiação UV e estágio de maturação dos frutos também influenciam diretamente em tais concentrações (HUBER & RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

Antocianinas

A análise dos teores de antocianinas não foi realizada para as cultivares amarelas (Fallgold e Golden Bliss), visto que, as antocianinas são pigmentos que colorem frutos em uma faixa que varia entre o vermelho e o azul (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Houve variação na quantidade de antocianinas entre as cultivares de frutos vermelhos. 'Heritage' apresentou a maior concentração de antocianina (930,0 mg 100 g⁻¹) (Tabela 1). Bowen-Forbes et al. (2010), avaliando frutos de diferentes genótipos de framboesa, também encontraram variação nos níveis de antocianinas.

Trabalhos mais antigos que avaliaram o perfil de antocianinas em framboesas, como o realizado por Ancos et al. (1999), mostraram teores consideravelmente inferiores aos reportados no presente estudo para as cultivares Autumn Bliss e Heritage, com valores de 31,13 mg 100 g⁻¹ e 35,91 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Da mesma forma, Pantelidis et al. (2007) observaram um conteúdo de 48 mg 100 g⁻¹ para a cultivar Heritage. De fato, os valores verificados no presente estudos são altos, se comparados aos estudos mais antigos, isto pode estar relacionado a questões como a utilização de diferentes metodologias nos trabalhos.

Realizando-se uma análise de valores reportados para antocianinas em pequenas frutas, observa-se que a framboesa apresenta grande potencial. Morangos de diferentes cultivares, apresentam teores que variam de 21 a 56 mg 100g⁻¹ (CALVETE et al., 2008). Frutas de diferentes cultivares de mirtilheiros possuem teores semelhantes aos obtidos para framboesas no presente estudo, com valores na faixa de 116 mg 100g⁻¹ a 224 mg 100g⁻¹ (YOU et al., 2011). Contudo, a amoreira preta se destaca em relação às demais, com valor médio de 380,3 mg 100g⁻¹ de amostra em diferentes cultivares (GUEDES et al., 2014).

Estudos revelaram que frutas do gênero *Rubus* possuem elevada atividade antioxidante, em função do alto conteúdo de antocianinas, polifenóis e ácido ascórbico presentes nas frutas (KRÜGER et al., 2011; VIZZOTTO et al., 2012).

Essa ampla variação nos níveis de antocianina presente nos frutos pode estar relacionada a possíveis efeitos das condições climáticas da região cultivada, estágio de maturação, espécie e características genéticas da cultivar, as quais são capazes de alterar tanto os constituintes químicos, como também influenciar seus teores.

Não apenas a produtividade, mas o teor de antocianinas pode ser utilizado como critério para a escolha de uma cultivar, uma vez que é um fator importante a saúde humana.

6.4 CONCLUSÃO

Os níveis de compostos bioativos dos frutos de framboeseira variam de acordo com a cultivar, destacando-se a cultivar Heritage quando produzida em região de inverno ameno no Estado do Paraná.

Os resultados confirmaram a framboesa como fontes ricas de compostos fenólicos (polifenóis totais, flavonoides e antocianinas).

REFERÊNCIAS

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Fruits: compositions in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v.132, n.1, p.86-97, 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711-728, 2013.

ANCOS, B. de; GONZALES, E.; CANO, M. P. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Lebensm Unters Forsch**, v.208, s.n., p.3338, 1999.

BEEKWILDER, J.; JONKER, H.; MEESTERS, P.; HALL, R. D.; MEER, I. M. V.; VOS, C.H.R. Antioxidants in raspberry: on-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 3313–3320, 2005.

BIANCHI, M. de L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v.12, n.2, p.123-130, 1999.

BOWEN-FORBES, C. S.; ZHANG, Y.; NAIR, M. G. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, s.n., p.554-560, 2010.

CALVETE, E. O.; MARIANI, F.; WESP, C. de L.; NIENOW, A. A.; CASTILHOS, T.; CECCHETTI, D. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n.2, p.396-401, 2008.

CHEEL, J.; THEODOLUZ, C.; RODRÍGUEZ, J. A.; CALIGARI, P. D. S.; SCHMEDAHIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity and phenolic content in achenes and thalamus from *Fragaria chiloensis* spp, *F. vesca* and *F. x ananassa* cv. Chandler. **Food chemistry**, v.102, n.1, p.36-44, 2007.

CURI, P. N.; PIO, R.; MOURA, P. H. A.; LIMA, L. C. O.; VALLE, M. H. R. do. Qualidade de framboesas sem cobertura ou cobertas sobre o dossel e em diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.1, p.199-205, 2014.

DOSSET, M.; LEE, J.; FINN, C. E. Inheritance of phenological, vegetative, and fruit chemistry traits in black raspberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n.3, p.408-417, 2008.

GOLMOHAMADI, A.; MÖLLER, G.; POWERS, J.; NINDO, C. Effect of ultrasound frequency on antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin content of red raspberry puree. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.20, s.n., p.1316-1323, 2013.

GUEDES, M. N. S.; MARO, L. A. C.; ABREU, C. M. P. de, PIO, R.; PATTO, L. S. Composição química, compostos bioativos e dissimilaridade genética entre cultivares de amoreira (*Rubus* spp.) cultivadas no Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n.1, p.206-213, 2014.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: a personal view. **Nutrition Reviews**, v.52, n.8, p.253-265,1994.

HARSHMAN, J. M.; JURICK II, W. M.; LEWERS, K. S.; WANG, S. Y.; WALSH, C. S. Resistance to *Botrytis cinerea* and quality characteristics during storage of raspberry genotypes. **HortScience**, v.49, n.3, p.311-319, 2014.

HOWARD, L., HAGER, T. (2007). Berry fruits phytochemicals. In Y. Zhao (Ed.), **Berry fruit: value-added products for health promotion**, New York: CRC Press, p. 73-96, 2007.

HUBER, L.S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Campinas, v.19, n.1, p.97-108, 2008.

KRÜGER, E.; DIETRICH, H.; SCHÖPPLEIN, E.; RASIM, S.; KÜRBEL, P. Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.60, s.n., p.31-37, 2011.

LEE, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of Pigment Analyses in Cranberries. **HortScience**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LIU, M.; LI, X. Q.; WEBER, C.; LEE, C. Y.; BROWN, J.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 50, n.10, p.2926-2930, 2002.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MERTZ, C., CHEYNIER, V., GÜNATA, Z., BRAT, P. Analysis of Phenolic Compounds in Two Blackberry Species (*Rubus glaucus* and *Rubus adenotrichus*) by High-Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detection and Electrospray Ion Trap Mass Spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 8616-8624, 2007.

PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANTIDIS, Gr. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberry and Cornelian cherries. **Food Chemistry**, v.102, s.n., p.777-783, 2007.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n.4, p.146-152, 2012.

PROTEGENTE, A. R.; PANNALA, A. S.; PAGANGA, G.; VAN BUREN, L.; WAGNER, E.; WISEMAN, S.; VAN de PUT, F.; DACOMBE, C.; RICE-EVANS, C. A. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Radical Research**, v. 36, p. 217-233, 2002.

REYES, L., VILLARREAL, J., CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1254-1262, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A.; SILVA, T. L.; OLIVEIRA, L. C.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, 156:362-368, 2014.

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

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010, 16p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 316).

VIZZOTTO, M. e PEREIRA, M. C. Amora-preta (*Rubus* sp.): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, 2011.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M. do C. B.; PEREIRA, M. C.; FETTER, M. da R. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.3, p.853-858, 2012.

WANG, S. Y.; LIN, H. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.48, n.2, p.140-146, 2000.

YOU, Q.; WANG, B.; CHEN, F.; HUANG, Z.; WANG, X.; LUO, P. G. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. **Food Chemistry**, v.125, s.n., p.201-208, 2011

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da framboesa no Brasil, ainda se encontra em fase de desenvolvimento, em que se busca um sistema de produção eficiente e competitivo, visando o aumento da produção e conseqüentemente a expansão de novas áreas de cultivo.

O cultivo de framboeseira tem seus diferenciais, demanda conhecimentos técnicos, organizacionais, mercadológicos, logísticos, como cadeia de frio na colheita, armazenagem, transporte e comercialização.

A maior demanda e a ampliação das áreas de cultivo refletem a necessidade de uma maior credibilidade a cultura por parte dos produtores, além de cultivares mais produtivas e assistência técnica aos mesmos. Posteriormente a isso, encontra-se a necessidade na obtenção de mudas de qualidade para a implantação e renovação de pomares. A muda consiste no ponto de partida para a obtenção de melhor resposta a qualquer tecnologia empregada no pomar. Dessa forma, a propagação *in vitro* torna-se uma ferramenta extremamente interessante no setor de produção de mudas frutíferas, já que a tendência da fruticultura moderna está voltada para os plantios adensados, com a utilização de um maior número de mudas por hectare, e ao uso de mudas com alta qualidade sanitária. Com isso, faz-se necessário a busca por protocolos economicamente viáveis e que supram as necessidades específicas de cada cultura, como por exemplo, a adequação dos nutrientes minerais fornecidos pelos meios de cultura.

O Estado do Paraná apresenta diversidade quanto ao clima e solo, e se torna imprescindível que se realizem estudos sobre o comportamento fenológico, a adaptação e a produtividade de novas cultivares, em diferentes locais, para se levantar informações, e com isso fazer recomendações mais precisas sobre qual a cultivar mais adaptada para determinada região. As novas pesquisas podem ser realizadas com as cultivares avaliadas que apresentaram os melhores resultados, ou com novas variedades de framboeseira com menor exigência em frio, que podem ser cultivada em regiões quentes e apresentam uma frutificação mais precoce, quando comparadas com as variedades tradicionalmente cultivadas no Brasil. Pois, todas as cultivares utilizadas são oriundas de países onde o frio é intenso no período de dormência das plantas,

tornando-se assim favorável ao desenvolvimento da cultura, o maior interesse por parte dos programas de melhoramento genético brasileiros o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas as condições do país.

Para condições de inverno ameno, recomenda-se principalmente, as cultivares Alemazinha, Fallgold e Heritage, por terem se apresentado como as mais produtivas. Porém, se houver distribuição irregular da precipitação se faz necessário a utilização de irrigação para a maior garantia de boas produtividades.

A framboeseira não demanda adubações em elevadas quantidades, quando comparadas com outras frutíferas, entretanto, recomenda-se um fornecimento adequado de nutrientes ao longo do ciclo e, quando possível, a aplicação de adubos orgânicos anualmente, uma vez que o cultivo de orgânicos vem ganhando mais espaço no mercado e contribuindo para a valorização dos produtos. Sendo assim o cultivo protegido pode ser uma ferramenta auxiliar no aumento da produtividade e qualidade da framboesa, bem como na redução de perdas por ataque pragas e doenças.

As frutas apresentam elevado potencial para utilização na indústria, tendo em vista a busca por antioxidantes naturais para produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos. Dentre as cultivares estudadas, recomenda-se para esse fim a Heritage, por apresentar maior concentração de compostos fenólicos, além de estar no grupo de cultivares que apresentaram maiores produtividades.

A fruta pode proporcionar alto retorno econômico ao agricultor. Aspectos econômicos não fizeram parte deste estudo, porém, cabe ressaltar que em dezembro de 2019 a framboesa chegou a ser vendida por R\$ 184,00/Kg em mercados de Curitiba.

REFERÊNCIAS

- AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Fruits: compositions in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v.132, n.1, p.86-97, 2012.
- ABAURRE, M. E. O.; JUNIOR, J. S. Z.; BALBINO, J. M. S.; GUARÇONI, R. C.; COSTA, H. **Framboeseira: cultivo e pós-colheita na Região Serrana do Espírito Santo – Vitória**, ES: Incaper, 2017, 24 p.
- ABDELNUR, P. V. **Metabolômica e espectrometria de massas**. Brasília: Embrapa, 2011. Circular Técnica.
- AKSIC, M. F.; NIKOLIC, M.; RADOVIC, A.; MILIVOJEVIC, J.; NIKOLIC, D. Yield components and fruit quality of promising yellow fruit raspberry seedlings. **Acta Horticulturae**, n.926, p.143148, 2012.
- ALAM, I.; SHARMIN, S. A.; NAHER, M. K.; ALAM, M.; ANISUZZAMA, M.; ALAM, M. F. Elimination and detection of viruses in meristem-derived plants of sweet potato as a low-cost option toward commercialization. **Biotech**, v. 3 n. 2. p. 153-164, 2013.
- ALANAGH, E. N.; GAROOSI, G.; HADDAD, R.; MALEKI, S.; LANDÍN, M.; GALLEGU, P. P. Design of tissue culture media for efficient *Prunus* rootstock micropropagation using artificial intelligence models. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v. 117, p. 349–359, 2014.
- ALCAYAGA, C. G. M. Principales variedades de frambueso en Chile. In: ALCAYAGA, C. G. M. et al. (Ed.). **Aspectos relevantes en la producción de frambuesa (*Rubus idaeus* L.)**. Boletín INIA, Raihuen, n. 192, p. 27–34, 2009.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711-728, 2013.
- AMALIA, F.; DEBNATH, S. C.; YEOUNG, Y. R. Effects of calcium gluconato and ascorbic acid on controlling shoot necrosis during micropropagation of primocane-fruiting raspberry (*Rubus idaeus* L.) cultivars. **African Journal Biotechnology**, v.13, p.4361-4368, 2014.

ANCOS, B. de; GONZALES, E.; CANO, M. P. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Lebensm Unters Forsch**, v.208, s.n., p.33-38, 1999.

ANCOS, B.; CANO, M. P.; GONZÁLES, E. M. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A**, v.208, p.33-38, 1999.

ANTONIOLLI, L. R.; SILVA, G. A. da; ALVES, S. A. M.; MORO, L. Controle alternativo de podridões pós-colheita de framboesas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.9, p.979-984, 2011.

ANTUNES, L. E. C. **Aspectos fenológicos, propagação e conservação pós-colheita de frutas de amoreira-preta (*Rubus* spp.) no Sul de Minas Gerais**. 1999. 129 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 1999.

ANTUNES, L.E.C.; TREVISAN, R.; GONÇALVES, E. D.; FRAZON, R. C. Produção extemporânea de amora-preta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p.430-430, 2006.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, v.40, n.9, p.1929-1933, 2010.

ARRUDA, S. C. C.; SOUZA, G. M.; ALMEIDA, M.; GONÇALVES, A. N. Anatomical and biochemical characterization of the calcium effect on *Eucalyptus urophylla* callus morphogenesis *in vitro*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 63, n. 2, p. 143-154, 2000.

ASGHARI, S., ABBAS, S. J., CHEN, L., HE, X., & QIN, Y. Micropropagation of *Myrica rubra* Sieb. and Zucc. using shoot tips and nodal explant. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 17, p. 1731-1737, 2013.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v.99, p.191-203, 2006.

BANDEIRA, J. M., SILVA, C. P., THUROW, L. B., BRAGA, E. J., PETERS, J. A., BIANCHI, V. J. *In vitro* establishment and multiplication of Japanese plum cv. América. **Revista de la Facultad de Agronomía La Plata**, v.112, n.1, p. 44-50, 2013.

BEEKWILDER, J.; JONKER, H.; MEESTERS, P.; HALL, R. D.; MEER, I. M. V.; VOS, C.H.R. Antioxidants in raspberry: on-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 3313–3320, 2005.

BIANCHI, M. de L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v.12, n.2, p.123-130, 1999.

BLACK, B.; FRISBY, J.; LEWERS, K.; TAKEDA, F.; FINN, C. Heat unit model for predicting bloom dates in Rubus. **HortScience**, v.43, p.2000–2004, 2008.

BONATO, C. M.; FILHO, C. J. R.; MELGUES, E.; SANTOS, V. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: UEM, 1998. 137 p.

BORTOLINI, A. J. **Avaliação de diferentes sistemas de condução para a cultura da framboeseira no Planalto Sul Catarinense**. 2016. 75p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MÜLLER, M. M. L. Somatória de horas de frio e de unidades de frio em diferentes regiões do Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, v.7, p. 89-96, 2006.

BOWEN-FORBES, C. S.; ZHANG, Y.; NAIR, M. G. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, s.n., p.554-560, 2010.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, Washington, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.

BUSHWAY, L.; PRITTS, M.; HANDLEY, D. Raspberry and blackberry production guide for the Northeast, Midwest, and Eastern Canada. **Natural Resource, Agriculture and Engineering Service Publication NRAES-35**, v. 35, New York, 2008, 157 p.

CALVETE, E. O.; MARIANI, F.; WESP, C. de L.; NIENOW, A. A.; CASTILHOS, T.; CECCHETTI, D. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n.2, p.396-401, 2008.

CAMPAGNOLO, M. A. **Enraizamento de estacas, sistemas de poda e seleção de cultivares de amoreiras e framboeseiras para regiões subtropicais**. 100 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012.

CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.; CAVIGLIONE, J. H.; BORROZZINO, E. Análise histórica do clima paranaense. IAPAR. Disponível em: <www.iapar.br/arquivos/file/zip_pdf/analise6>. Acesso em: 22 set. 2019.

CAREW, J. G.; GILLESPIE, T.; WHITE, J.; WAINWRIGHT, H.; BRENNAN, R.; BATTEY, N. H. Techniques for manipulation of the annual growth cycle in raspberry. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.75, p.504–509, 2000.

CARVALHO, A. C., TORRES, A. C., BRAGA, E. J. B., LEMOS, E. E., SOUZA, F. V., WILLADINO, L., CÂMARA, T. R. Glossário de Cultura de Tecidos de Plantas. **Plant Cell Culture and Micropropagation**, v. 7. n.1, p.30-60, 2011.

CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. de A.; MEDEIROS, M. J. L. **Fatores Inerentes a Micropropagação**: Campina Grande, PB. 2006. 28p. (Embrapa Algodão. Documentos, 148).

CAVALCANTE A. C. P.; CAVALCANTE L. F.; CAVALCANTE A. G.; BERTINO A. M. P. Physiology of *Paluma guava* plants fertilized with potassium and calcium. **Idesia**, v. 36, p.71-80, 2018.

CHEEL, J.; THEODOLUZ, C.; RODRÍGUEZ, J. A.; CALIGARI, P. D. S.; SCHMEDAHIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity and phenolic content in achenes and thalamus from *Fragaria chiloensis* spp, *F. vesca* and *F. x ananassa* cv. Chandler. **Food chemistry**, v.102, n.1, p.36-44, 2007.

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

COELHO, R. M.; CARVALHO, A. J. C. de; THIEBAUT, J. T. L.; SOUZA, M. F. Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro smooth cayenne em resposta à adubação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33. n. 2, p.173-179, 2010.

COUTO, M. **Propagação *in vitro* dos porta-enxertos híbridos de pessegueiro "Barrier" e "Cadman" (*Prunus* sp.)**. Pelotas: Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fruticultura de Clima Temperado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2003.

CURI, P. N. **Enraizamento de estacas, cobertura plástica e densidade de plantio na produção e qualidade das frutas da framboeseira 'Batum'**. 96 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

CURI, P. N.; PIO, R.; MOURA, P. H. A.; LIMA, L. C. O.; VALLE, M. H. R. do. Qualidade de framboesas sem cobertura ou cobertas sobre o dossel e em diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.1, p.199-205, 2014.

CURI, P. N.; PIO, R.; MOURA, P. H. A.; TADEU, M. H.; NOGUEIRA, P. V.; PASQUAL, M. Produção de amora-preta e amora-vermelha em Lavras-MG. **Ciência Rural**, v.45, n.8, p. 1368-1374, 2015

DALE, A.; SAMPLE, A.; KING, E. Breaking dormancy in red raspberries for greenhouse production. **HortScience**, v.38, p.515–519, 2003.

DARNELL, R. L.; BRUNNER, B.; ALVARADO, H. E.; WILLIAMSON, J. G.; PLAZA, M.; NEGRÓN, E. Annual, off-season raspberry production in arm. season climates. **Horticultural Technology**, v. 16, n. 1, p.92-97, 2006.

DAUBENY, H. A. BRAMBLES. In: JANICK, J. E.; MOORE, J. N. (Ed.). **Fruit breeding, tree and tropical fruit**. New York: J. Willey, 1996. v.1, p. 252-286.

DEGASPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visao Academica**, Curitiba, v.5, n.1, p. 33-40, 2004.

DHILLON, B. S.; SINGH, S. N.; KUNDAL.; G. S. Studies on the developmental physiology of guava fruit. **Punjab Horticultural Journal**, Chandigarh, v.17, n. 3/4, p. 212-221, 1990.

DOBRAWSKI, J., SILVA, J. A. Micropropagation of apple - A review. **Biotechnology Advances**, v.28, p.452-488, 2010.

DOSSET, M.; LEE, J.; FINN, C. E. Inheritance of phenological, vegetative, and fruit chemistry traits in black raspberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n.3, p.408-417, 2008.

ELLOUMI, O.; GHRAB, M.; KESSENTINI, H.; BENMIMOUN, M. Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. mateur in dry and warm area climate. **Scientia Horticulturae**, v.159, p.80–87, 2013.

EPSTEIN, E.; BLOMM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2004. 85 p.

ERIG, A. C., SCHUCH, M. A., SILVA, L. C. Multiplicação *in vitro* de macieira (*Malus domestica* BORKH.) cv. Galaxy: Meio de cultura e agentes solidificantes alternativos. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 10, n. 3, p. 297-302, 2004.

FEAR, C. D.; MEYER, M. D. L. Breeding and variation in *Rubus* germoplasm for lowwinter chill requirement. **Acta Horticulturae**, v.352, p.295–304, 1993.

FEHER-JUHASZ, E., MAJER, P., SASS, L., LANTOS, C., CSISZÁR, J., TURO´CZY, Z., MIHA´LY, R.; A., MAI; HOVA´TH, G. V.; VASS, I.; DUDITS, D.; e PAUK, J. Phenotyping shows improved physiological traits and seed of transgenic wheat plants expressing the alfalfa aldose reductase under permanent drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.36, p.663-673, 2014.

FERGUNSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 4, p. 255-262, 1999.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. B. do. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

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

FIGUEIREDO, A. M.; PASQUAL, M.; ARAUJO, G. A.; JUNQUEIRA, P. K.; SANTOS, C. F.; RODRIGUES, A. V. Fontes de potássio no crescimento *in vitro* de plantas de orquídea *Cattleya iodigesi*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 255-257, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

FRANCE, A. Manejo de enfermedades en frambuesa. In: DÍAZ, P. U.; SCHULDES, S. V. **Manual de frambuesa**. Boletín INIA, n. 264. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuárias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2013, 108 p.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P. D.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantification of phenolic compounds and ascorbic acid in fruits and frozen pulp of acerola, cashew, strawberry and guava. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2291-2295, 2013.

GAMBORG, O. L.; MURASHIGE, T.; THORPE, A.; VASIL, K. Plant Tissue Culture Media. **In Vitro**, v. 12, p.473-478, 1976.

GEORGE, E. F.; HALL, M. A. J. **Plant Propagation by Tissue Culture**. Ed. Springer, 2008, 503 p.

GLOZER, K.; INGELS, C. Effect of dormant application timing in 'Bartlett' pear. **HortScience**, v.41, p.1031, 2006.

GOLMOHAMADI, A.; MÖLLER, G.; POWERS, J.; NINDO, C. Effect of ultrasound frequency on antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin content of red raspberry puree. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.20, s.n., p.1316-1323, 2013.

GONÇALVES, E. D.; PIO, R.; CAPRONI, C. M.; ZAMBON, C. R.; SILVA, L. f. de O. da. **Implantação, cultivo e pós-colheita de framboesa no Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 5. (Circular Técnica, 145).

GONZÁLEZ, M. I. Sistema de conducción y poda de frambuesa. In: DÍAZ, P. U.; SCHULDES, S. V. (Ed.). **Manual de Frambuesa**. Boletín INIA, n. 264. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuárias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, p.7-10, 2013.

GUEDES, M. N. S.; MARO, L. A. C.; ABREU, C. M. P. de, PIO, R.; PATTO, L. S. Composição química, compostos bioativos e dissimilaridade genética entre cultivares de amoreira (*Rubus* spp.) cultivadas no Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n.1, p.206-213, 2014.

GUERRA, M. P., NODARI, R. O. **Introdução ao conceito de biotecnologia**. Brasília: SPI/EMBRAPA, v.2, p.1- 48., 2007.

HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: a personal view. **Nutrition Reviews**, v.52, n.8, p.253-265,1994.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J. The anthocyanins. In: **The flavonoids: advances in research since**. Chapman & Hall, London, p.1-20, 1988.

HARSHMAN, J. M.; JURICK II, W. M.; LEWERS, K. S.; WANG, S. Y.; WALSH, C. S. Resistance to *Botrytis cinerea* and quality characteristics during storage of raspberry genotypes. **HortScience**, v.49, n.3, p.311-319, 2014.

HAZARIKA, B. N. Morpho-physiological disorders *in vitro* culture of plants. **Scientia horticulturae**, 108:105-120, 2006.

HEIDE, O. M.; SONSTEBY, A. Physiology of flowering and dormancy regulation in annual-and-biennial-fruiting red raspberry (*Rubus idaeus* L.). **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, v.86, n.5, p.433-442, 2011.

HOJO, R. H.; CHALFUN, N. N. J.; HOJO, E. T. D.; SOUZA, H. A.; PAGLIS, C. M.; SÃO JOSÉ, A. R. Caracterização fenológica da goiabeira 'Pedro Sato' sob diferentes épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 29, n. 1, p. 20-24, 2007.

HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food and Chemical Toxicology**, v.37, p.937-942, 1999.

HOOVER, E.; LUBY, J.; BEDFORD, D.; PRITTS, M.; HANSON, E.; DALE, A.; DAUBENY, H. Temperature influence on harvest date and cane development of primocane-fruiting red raspberries. **Acta Horticulturae**, v.262, p.297-303, 1989.

HOWARD, L., HAGER, T. (2007). Berry fruits phytochemicals. In Y. Zhao (Ed.), **Berry fruit: value-added products for health promotion**, New York: CRC Press, p. 73-96, 2007.

HUBER, L.S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Campinas, v.19, n.1, p.97-108, 2008.

IAPAR. Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná. IAPAR. Disponível em: <www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1043>. Acesso em: 30 set. 2019.

ILHA, L. L. H. Produção de amora-preta e framboesa em regiões de clima temperado. **Informe Agropecuário. Pequenas frutas: tecnologias de produção**, v.33, n.268, p.58-68, 2012.

JACOBS, J. N.; JACOBS, G.; COOK, N. C. Chilling period influences the progression of bud dormancy more than does chilling temperature in apple and pearshoots. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.77, p.333–339, 2002.

JAVANSHAH, A. Global warming has been affecting some morphological characters of pistachio trees (*Pistacia vera* L.). **Africa Journal Agriculturae Research**, v.5, p.3394–3401, 2010.

JUNGHANS, T. G.; SOUZA, A. S. **Aspectos práticos da micropropagação de plantas**. Brasília: Embrapa, 2013.

KAUR, S.; DAS, M. Functional foods: an overview. **Food Scientific Biotechnology**. V.20., n.4, p.861-875, 2011.

KEEP, E. Primocane (autumn)-fruiting raspberries: a review with particular reference to progress in breeding. **Journal of Horticulturae Science**, v.63, n. 1, p.1-18, 1988.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós colheita de frutas de clima temperado**. Campinas, 214 p., 2002.

KONCZAK, I.; ZHANG, W. Anthocyanins - more than nature's colours. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v.5, p.239-240, 2004.

KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R.; RIBEIRO, R. S. A cultura da framboeseira. In: KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R. (Org.) **Pequenas Frutas**. Florianópolis: UDESC, 2013. 194p. (Série Fruticultura, 2).

KRÜGER, E.; DIETRICH, H.; SCHÖPPLEIN, E.; RASIM, S.; KÜRBEL, P. Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v.60, sn., p.31-37, 2011.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plants**. London: Chapman & Hall, p. 258-316, 1995.

LEE, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of Pigment Analyses in Cranberries. **HortScience**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LEITZKE, L. N.; DAMIANI, C. R.; SCHUCH, M. W. Influência do meio de cultura, tipo e concentração de citocininas na multiplicação in vitro de amoreira-preta e framboeseira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.2, p.352-360, mar./abr. 2010.

LIMA, C. A., FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonóides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LIU, M.; LI, X. Q.; WEBER, C.; LEE, C. Y.; BROWN, J.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 50, n.10, p.2926-2930, 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p, 2006.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MARCHI, P. M. M. **Propagação, aspectos agronômicos e qualidade de frutas de cultivares de framboeseira**. 2015. 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

MARCHI, P. M. M.; PEREIRA, I. S. dos; PICOLOTTO, L.; GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G.; HOHN, D.; ANTUNES, L. E. C. Caracterização vegetativa e produtiva de cultivares de framboeseira na região de Pelotas-RS. **Revista Congrega Urcamp**, v.1, sn., p.50-58, 2013.

MARO, L. A. C. **Fenologia das plantas, qualidade pós-colheita e conservação de framboesas**. 2011. 137p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MARO, L. A. C.; PIO, R.; SILVA, T. C.; PATTO, L. S. Ciclo de produção de cultivares de framboesiras (*Rubus idaeus*) submetidas à poda drástica nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.435-441, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 888 p.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de La dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.50, n.1, p.5-18, 2000.

MAYER, N.A.; MATTIUZ, B.; PEREIRA, F.M. Qualidade pós-colheita de pêssegos de cultivares e seleções produzidos na microrregião de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p. 616-621, 2008.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. E. **Principales of plant nutrition**. Bema: IPI, 1987. 562 p.

MERTZ, C., CHEYNIER, V., GÜNATA, Z., BRAT, P. Analysis of Phenolic Compounds in Two Blackberry Species (*Rubus glaucus* and *Rubus adenotrichus*) by High-Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detection and Electrospray Ion Trap Mass Spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 8616-8624, 2007.

MISHRA, J., BHANDARI, H., SINGH, M., RAWAT, S., AGNIHOTRI, R. K., MISHRA, S., PUROHIT, S. Hairy root culture of *Picrorhiza kurroa* Roylex ex Benth.: a promising approach for the production of picrotin and picrotoxinin. **Acta Physiol Plant**, v.33, p. 1841-1846, 2011.

MOORE, J. N.; CALDWELL, J. D. Rubus. In: **Handbook of Flowering**. Florida, 1985, v.4., p. 226–238.

MOURA, P. H. A.; CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R.; CURI, P. N.; ASSIS, C. N. de; SILVA, T. C. Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.12, p.1714-1721, 2012.

MURASHIGE, T. Plant Propagation Through Tissue Cultures. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v.25, p. 135-66, 1974.

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

NAIFF, A.P.M. **Crescimento, Composição Mineral e Sintomas Visuais de Deficiências de Macronutrientes em Plantas de *Alpinia Purpurata* Cv. Jungle King**. 2007. 77p. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural da Amazônia.

NARAYAN, M.S.; AKHILENDER NAIDU, K.; RAVISHANKAR, G.A; SRINIVAS, L.; VENKATARAMAM, L.V. Antioxidant effect of anthocyanin on enzymatic and nonenzymatic lipid peroxidation. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v.60, n.1, p.1-4, 1999.

NETO, D.C. **Combinação de doses de potássio e magnésio na produção e nutrição mineral do Capim – Tanzânia**. 2006. 82p. (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 2006.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; JUNIOR, J. F. S. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

OH, H. H. HWANG, K. T., SHIN, M. K., LEE, H. K., KIM, S. Z. Oils in the seeds of Canberries produced in Korea. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.84, p.549-555, 2007.

OLIVEIRA, P. B.; FONSECA, L. L. **A planta de framboesa: morfologia e fisiologia**. Divulgação Agro, [S.1], v. 556, n. 6, nov. 2007.

OLIVEIRA, P. B.; OLIVEIRA, C. M.; MONTEIRO, A. A. Pruning date and cane density affect primocane development and yield of 'Autumn Bliss' red raspberry. **HortScience**, v. 39, p. 520-524, 2004.

OLIVEIRA, R. P. de; ROCHA, P. S. G. da; GULARTE, V. F.; SCIVITTARO, W. B. Micropropagação de framboeseira em diferentes concentrações de ferro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2598-2602, 2010.

PAGOT, E. Diagnóstico da produção e comercialização de pequenas frutas. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 2., 2004, Vacaria. **Anais**, 2004, p.9-18. (Documentos, 44).

PAGOT, E. **Cultivo de Pequenas frutas: amora-preta, framboesa, mirtilo**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2006. 41 p.

PAGOT, E. Situação e perspectivas da produção de pequenas frutas: cenário da produção de pequenas frutas. In: ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 4., 2010, Pelotas. **Anais**, 2010, 82 p.

PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANTIDIS, Gr. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberry and Cornelian cherries. **Food Chemistry**, v.102, s.n., p.777-783, 2007.

PARRA-QUEZADA, R. A.; GUERRERO-PRIETO, V. M.; ARREOLA-AVILA, J. G. Efecto de fecha y tipo de poda en frambuesa roja 'Malling Autumn Bliss'. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 13, n. 2, p. 201-206, 2007.

PASQUAL, M. **Cultura de tecidos vegetais: tecnologia e aplicações: meios de cultura**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2001.74 p.

PAULA, Y. C. M. **Nutrição mineral na micropropagação de bananeira**. 2010. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PAVINATO, P. S.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; MOREIRA, A. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Ed. SBCS/NEPAR, Curitiba, 2017, 482 p.

PEREIRA, E. R. B.; VENDRUSCOLO, C. T.; GULARTE, M. A.; TORALLES, R. P. Otimização de processamento de cobertura de framboesa (*Rubus idaeus*) pela adição de amido de milho modificado e ácidos cítrico e tartárico. **Revista brasileira de tecnologia agroindustrial**, v.2, n.2, 2008.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n.4, p.146-152, 2012.

PERES, L. E. P. **Nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 30 p.

PIERIK, R.L.M. **In vitro Culture of Higher Plants**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1990. 348 p.

PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**., Cincinnati, v.63, n.7, p.1035-1042, 2000.

PINTO, F.; **Calogênese e Indução de Gemas Axilares em Mogno (*Swietenia macrophylla* King)**. 2012. 87p. (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná.

PIO, R; GONÇALVES, E. D. **Cultivo da amoreira preta**. In: **PIO, R. Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. 1.ed. Lavras: MG, 2014. 181p.

POOTHONG, S.; REED, B. M. Modeling the effects of mineral nutrition for improving growth and development of micropropagated red raspberries. **Scientia Horticulture**, v. 165, p. 132–141, 2014.

POOTHONG, S.; REED, B. M. Increased CaCl₂, MgSO₄, and KH₂PO₄ improve the growth of micropropagated red raspberries. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.51, p. 648 – 658, 2015.

POOTHONG, S.; MORRÉ, J.; MAIER, C. S.; REED, B. M. Metabolic changes and improved growth in micropropagated red raspberry “Indian summer” are tied to improved mineral nutrition. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.53, p. 579 – 590, 2017.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. 1ed. São Paulo: Unesp, 2008. 408p.

PRITTS, M. Primocane-fruiting raspberry production. **HortScience**, v.43, n.6, p.1640-1641, 2008.

PROTEGENTE, A. R.; PANNALA, A. S.; PAGANGA, G.; VAN BUREN, L.; WAGNER, E.; WISEMAN, S.; VAN de PUT, F.; DACOMBE, C.; RICE-EVANS, C. A. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Radical Research**, v. 36, p. 217-233, 2002.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.

RASEIRA, M. C. do. B.; GONÇALVES, E. D. G.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L. E. C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 22p. (Documentos, 120).

REED, B. M.; WADA S.; DENOMA J.; NIEDZ R. P. Improving in vitro mineral nutrition for diverse pear germplasm. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**, v.49, p. 343–355, 2013.

REY, M. S., BENEMAN, D. P., PINTO, L. S., SILVA, F. S., BRAGA, E. J.B., MOURA, A. B., PIEROBOM, C. R.; e PETERS, J. A. Indução de resistência em arroz contra *Bipolaris oryzae* Breda de Hann, através da expressão constitutiva de um gene de quitinase. **Bioscience Journal Uberlândia**, 28-5-p.745-752, 2012.

REYES, L., VILLARREAL, J., CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1254-1262, 2007.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**, Oxford, v.4, p.304-309, 1997.

ROBLEDO, P.; DEFILIPPI, B.; BECERRA, C. Cosecha y poscosecha de frambuesa. In: DÍAZ, P. U.; SCHULDES, S. V. (Ed.). **Manual de Frambuesa**. Boletín INIA, n. 264. Chillán, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuárias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2013, 108 p.

ROCHA, R. C. C.; OLIVEIRA, O. F. Influência do cálcio, magnésio e nitrogênio no enraizamento de estacas de acerola (*Malpighia emarginata* DC.). **Revista Caatinga**, v. 9, p. 97–102, 1996.

RUFATO, A. R.; ANTUNES, L. E.C. **Técnicas de produção de framboesa e mirtilo**. Brasília: Embrapa, 2016.

SALINERO, M. C.; VELA, P.; SAINZ, M. J, Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). **Science Horticultural**, v.121, p.27–31, 2009.

SANTA-MARIA, M., PECOTA, K. V., YENCHO, C. G., ALLEN, G., e SOSINSKI, B. Rapid shoot in industrial "high starch" sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. **Plant Cell Tissue Organ Culture**, v. 97, p.109-117, 2009.

SANTANA, L.R.R., MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 217-222, 2004.

SANTOS, C. N., TAVARES, L., PONTES, V., OLIVEIRA, P., FERREIRA, R. B. Poder antioxidante dos pequenos frutos e seus efeitos benéficos para a saúde humana. In: III Colóquio Nacional da Produção de Pequenas Frutas, 3, 2008, Sever do Vouga. **Actas Portuguesas de Horticultura**, n.18, p.97-104, 2011.

SANTOS, M. F. S.; KRETZSCHMAR, A. A.; TILLWITZ, K. V.; AGHERAZZI, A.F.; LIMA, J. M.; ZANIN, D.S. **Desempenho agrônômico de cultivares de framboeseira na serra catarinense**. In: 28º Seminário de Iniciação Científica. 28º Seminário de Iniciação Científica, 2018.

SASTRY, K. S., ZITTER, T. A. Manegement of Virus and Viroids Diseases of Crops in The Tropics. In: **K. S. Sastry, Plant Virus and Viroids Diseases in the Tropics** (p. 149-480). Springer Netherlands, 2014.

SCHMID, K.; HÖHN, H.; GRAF, B.; HÖPLI, H. Phänologische Entwicklungsstadien der Himbeere (*Rubus idaeus* L.). **AGRARForschung**, v. 8, n. 5, p. 215-222, 2001.

SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; CUNHA, A. R.; FERRAZ, R. A.; RIPARDO, A. K. S. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 568- 575, 2014.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SONSTEBY, A.; HEIDE, O. M. Effects of photoperiod and temperature on growth, flowering and fruit yield annual-fruitng red raspberry cultivars (*Rubus idaeus* L.). **Europ. J. Hort. Sci.**, v.37, n.3, p.97-108, 2012.

SOUTINHO, S. M. A.; GONÇALVES, F.; JORDÃO, A.; GUINÉ, R. Evolução dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante a maturação de frutos vermelhos (framboesa, groselha e mirtilo) de produção biológica. In: CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA Y CIENCIAS HORTÍCOLAS, v.7., 2013, Madrid, Espanha. **Anais...** Madrid, Espanha, 2013, p. 1-6.

SOUZA, M. B.; CURADO, T.; NEGRÃO, V. F.; TRIGO, M. J. **Framboesa - qualidade pós-colheita**. Folhas de divulgação agro, v.556 n.6, 2007.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A.; SILVA, T. L.; OLIVEIRA, L. C.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, 156:362-368, 2014.

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

TAKANE, R. J.; MINAMI, K.; LUCCHESI, A. A.; ALMEIDA, M. Influência do cloreto de cálcio no crescimento de explantes de *Gypsophila paniculata* L. (Caryophyllaceae), cultivados *in vitro*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, p. 235–239, 1994.

TAKEDA, F.; STRIK, B. C.; PEACOCK, D.; CLARK, J. R. Cultivar differences and the effect of winter temperature on flower bud development in blackberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.127, p.495–501, 2002

TAVARES, S. **Maturação e conservação do Tangor “Murcote” (*Citrus reticulata* blanco x *C. sinensis* Osbeck) e de Lima ácida “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tanaka) sob efeito de biorreguladores**. Piracicaba. 115 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo – USP, 2003.

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; KLUGE, R. A. **Framboesa: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais em regiões subtropicais**. Piracicaba: ESALQ, 2013, 33p. (Série Produtor Rural, 55).

TURNER, D. W.; BARKUS, B. Some factors affecting the apparent root transfer coefficient of banana plants (cv. 'Williams'). **Fruits**, Paris, v. 36, n. 10, p. 607-613, 1981.

UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/417?manu=&fgcd=&ds=>> Acesso em: 14, Out. 2017.

VELIKY, I. A.; ROSE, D.; ZINK, M. W. Uptake of magnesium by suspension cultures of plant cells (*Ipomoea* sp.). **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 55, n. 9, p. 1143-1147, 1977.

VIEGAS, I. J. M.; LIMA, S. S.; LOBATO, da S. K. A.; SILVA da P. S.; CONCEIÇÃO, da O. E. H.; SILVA, S. A. D.; FRAZÃO, D. A. C.; NETO, de O. F. C.; CUNHA, da C. D. Symptoms, growth, nutritional status and accumulation of nutrientes in young *Zingiber spectabile* plants subjected to restriction of macronutrients. **Journal of Food, Agriculture and Environment (Online)**, v. 10, p. 546-550, 2012.

VIEGAS, I. J. M.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, J. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; NAIFF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v, 26, n. 2, p. 315-319, 2004.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-326.

VIZZOTTO, M. Propriedades funcionais das pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 84-88, 2012

VIZZOTTO, M.; FERNANDES, A. Produção de frutos e compostos funcionais de quatro cultivares de morangueiro. **Revista Horticultura Brasileira**, v.30, n.2, p.58-65, 2012.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010, 16p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 316).

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, M. C. Amora-preta (*Rubus* sp.): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, 2011.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M. do C. B.; PEREIRA, M. C.; FETTER, M. da R. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.3, p.853-858, 2012.

WADA, S.; MAKI, S.; NIEDZ, R. P.; REED, B. M. In vitro response and ionic mineral analysis of genetically diverse pear species to increased meso components (CaCl_2 , MgSO_4 , KH_2PO_4) in the growth medium. **Acta Physiol Plant**, v. 37, p.1–10, 2015.

WANG, Q. M.; WANG, L. An evolutionary view of plant tissue culture: somaclonal variation and selection. **Plant Cell Reports**, v. 31, p.1281-1285, 2012.

WANG, S. Y.; LIN, H. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.48, n.2, p.140-146, 2000.

YAMADA, T. **Potássio: funções na planta, dinâmica no solo, adubos e adubação potássica**. Uberlândia: UFU, 1995. 12 p.

YOU, Q.; WANG, B.; CHEN, F.; HUANG, Z.; WANG, X.; LUO, P. G. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. **Food Chemistry**, v.125, s.n., p.201-208, 2011

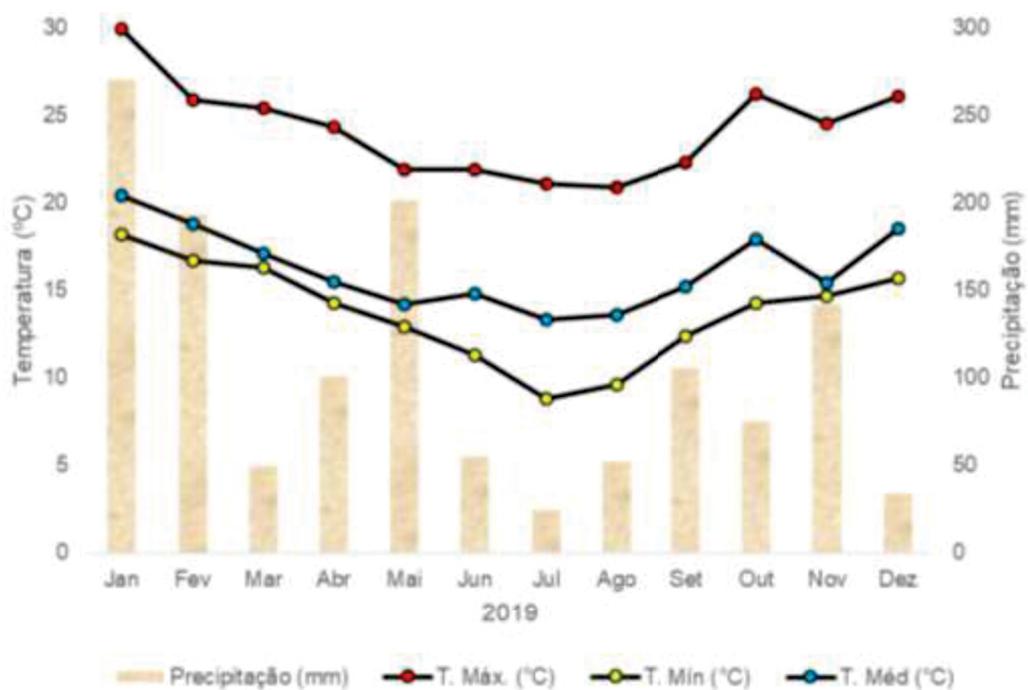
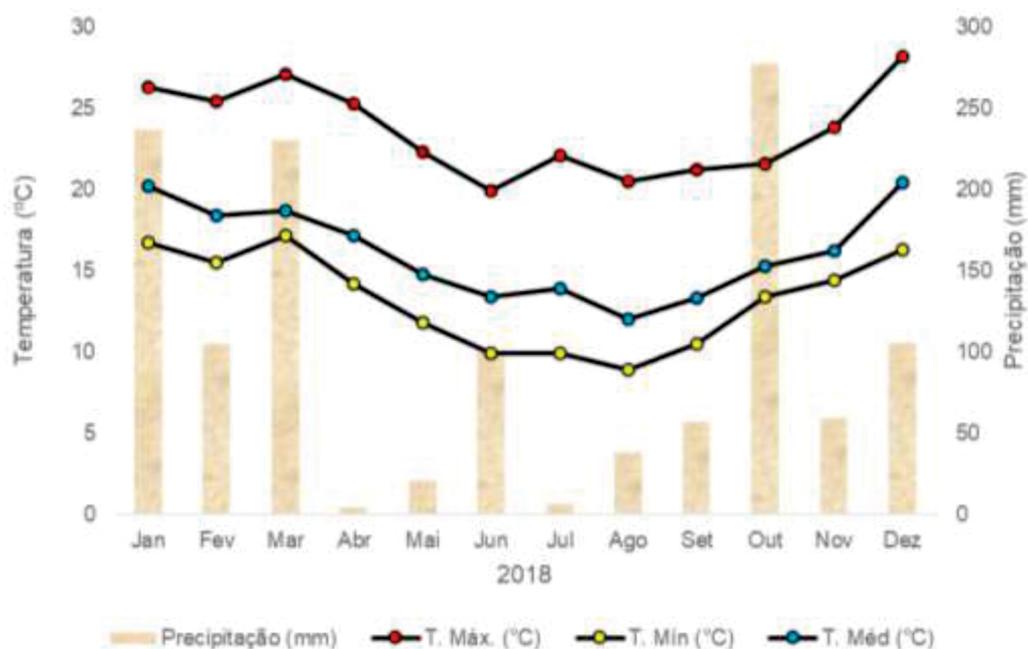
ZIELINSKI, R.E. Calmodulin and calmodulin-binding proteins in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p. 327-335, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – COMPOSIÇÃO DO MEIO DE CULTURA MS (MURASHIGE & SKOOG, 1962).

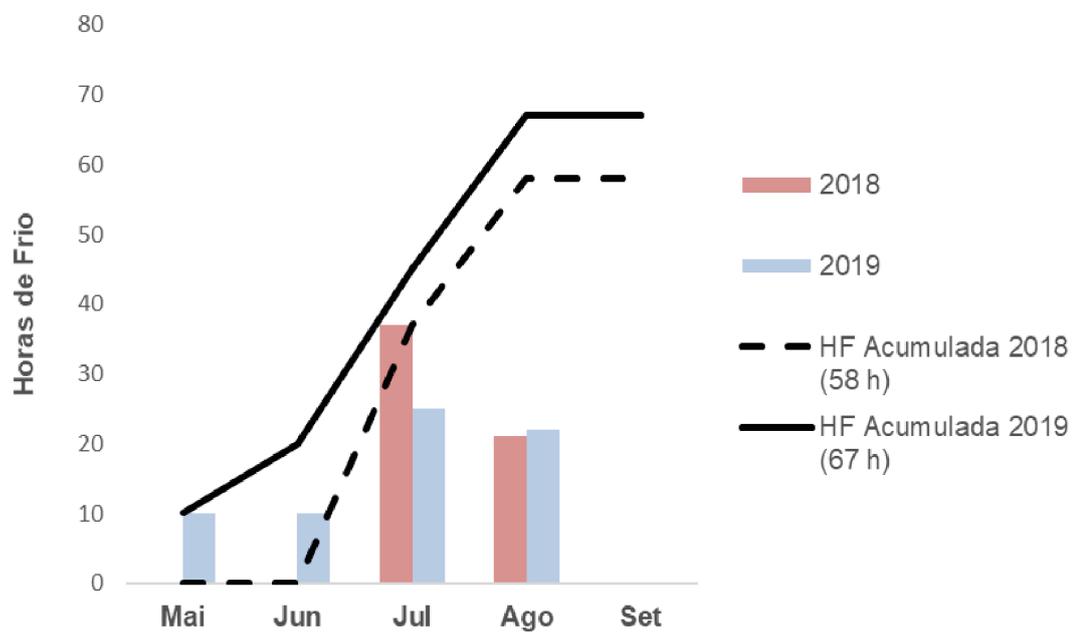
Composto	Fórmula	Concentração Final (g L ⁻¹)
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	1,65
Nitrato de potássio	KNO ₃	1,90
Sulfato de magnésio	MgSO ₄ . 7H ₂ O	0,37
Sulfato de manganês	MnSO ₄ . H ₂ O	0,0169
Sulfato de zinco	ZnSO ₄ . 7H ₂ O	0,0086
Sulfato de cobre	CuSO ₄ . 5H ₂ O	0,00025
Cloreto de cálcio	CaCl ₂ . 2H ₂ O	0,441
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	0,0062
Fosfato de potássio	KH ₂ PO ₄	0,17
Iodeto de potássio	KI	0,00083
Molibdato de sódio	Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	0,025
Cloreto de cobalto	Co ₂ Cl ₂ . 6H ₂ O	0,000025
Sódio EDTA	Na ₂ . EDTA	0,03725
Sulfato de ferro	FeSO ₄ . 7H ₂ O	0,02785
Cloridrato de tiamina	C ₁₂ H ₁₈ Cl ₂ N ₄ OS	0,0005
Cloridrato de piridoxina	C ₈ H ₁₁ NO ₃ HCl	0,0005
Ácido nicotínico	C ₆ H ₅ NO ₂	0,0005
Glicina	C ₂ H ₅ O ₂ N	0,002
Mio-inositol	C ₆ H ₆ (OH) ₆	0,1
Sacarose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	30
Ágar	-	7,0

APÊNDICE 2 - TEMPERATURAS MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA (°C) MENSAIS, E PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM). PINHAIS-PR



FONTE: SIMEPAR.

APÊNDICE 3 – ACÚMULO DE HORAS DE FRIO ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$) NO PERÍODO DE MAIO A SETEMBRO NOS ANOS DE 2018 E 2019. PINHAIS-PR.



FONTE: SIMEPAR.