

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-PPGA
MESTRADO

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM
MORANGUEIROS INOCULADOS COM FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ELY CRISTINA NEGRELLI CORDEIRO

GUARAPUAVA-PR

2018

ELY CRISTINA NEGRELLI CORDEIRO

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MORANGUEIROS
INOCULADOS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende
Orientador

GUARAPUAVA-PR

2018

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

CORDEIRO, Ely Cristina Negrelli.

B333p Produção e qualidade de frutos em morangueiros inoculados com fungos micorrízicos arbusculares / Ely Cristina Negrelli Cordeiro. – Guarapuava, PR : [s.n.], 2018.
105f.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração em: Produção Vegetal. Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.

1. Agronomia – dissertação. 2. Produção vegetal. 3. *Fragaria x Ananassa* Duch. 4. Micorrízicos. 5. Inoculação. 6. Campo – pós – colheita. I. Resende, Juliano Tadeu Vilela de. II. UNICENTRO. III. Título

CDD 631.41

Ely Cristina Negrelli Cordeiro

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MORANGUEIROS INOCULADOS COM
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 23 de fevereiro de 2018.


Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende
(UNICENTRO)


Profª. Drª. Katielle Rosalva Voncik Cordova
(UNICENTRO)


Dr. Orivaldo José Saggini Junior
(EMBRAPA AGROBIOLOGIA)


Prof. Dr. Fabricio William de Ávila
(UNICENTRO)


Dr. André Ricardo Zeist
(UFLA)

GUARAPUAVA-PR

2018

“E sabemos que todas as coisas contribuem juntamente para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.”

(Bíblia Sagrada, Romanos 8:28)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de agradecer a Deus, pela presença constante em minha vida, sejam nos momentos bons ou ruins, sem Ele me conduzindo na caminhada nenhum dos meus sonhos se realizariam.

Agradeço especialmente aos meus pais Lucia e Erasmo, que sempre me encorajaram a lutar por meus sonhos, apoiando nos momentos difíceis, até mesmo quando pensei em desistir. O amor deles me move em todas as conquistas e a eles dedico todas as minhas vitórias.

Ao meu irmão Eleon, meu maior incentivador, sem ele não teria alcançado muitos dos meus sonhos. Ele é meu exemplo de fé, coragem e amor e me encoraja a encarar os desafios encontrados com perspicácia e sabedoria.

Ao meu orientador Juliano Tadeu Vilela de Resende por toda a ajuda prestada, por ser paciente mesmo com meus erros. Pelo incentivo, disponibilidade, apoio e por toda a bagagem de conhecimento passada. Sempre será um grande exemplo de mestre apaixonado pelas coisas que faz.

A Embrapa Agrobiologia e, em particular, ao pesquisador Dr Orivaldo José Saggin Júnior, pelo fornecimento do inoculante utilizado no desenvolvimento do trabalho e por toda a ajuda prestada durante a condução do trabalho à campo.

A professora Katielle Córdova, por toda a ajuda com as análises de pós-colheita e estatística, com certeza sem a ajuda dela não teria chegado ao resultado final. A ela minha imensa gratidão.

A minha amiga Renata, que foi meu apoio durante todo esse processo, incentivando a prosseguir mesmo nos momentos mais difíceis. Com certeza uma amizade que levarei para a vida.

A todos os funcionários e professores do *campus*, que sempre estiveram dispostos a ajudar, em especial a Lucília, pela disponibilidade, simpatia e gentileza de sempre.

Aos meus colegas do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Hortaliças por todo o auxílio e ajuda prestada.

Em especial as minhas amigas Giovana e Daniele, que mais do que técnica de laboratório e aluna de iniciação científica, foram um ponto de apoio durante a condução do trabalho, auxiliando em todas as atividades necessárias como se o trabalho fosse delas, a elas minha gratidão.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa durante o período de realização do mestrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo Geral	5
2.2. Objetivos Específicos	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
3.1. Histórico da cultura do morangueiro	6
3.2. Descrição botânica e taxonômica	7
3.3. Importância econômica e social.....	8
3.4. Características fisiológicas e fenológicas dos cultivos.....	10
3.5. Qualidade de frutos.....	13
3.6. Características físicas e químicas de frutos.....	15
3.7. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)	19
3.8. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) na cultura do morangueiro.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1. Local do experimento	24
4.2. Material vegetal	24
4.3. Delineamento Experimental.....	24
4.4. Condução e manejo do experimento.....	25
4.5. Avaliações.....	27
4.5.1. Características de produção	27
4.5.2. Determinação da área foliar.....	28
4.5.3. Avaliação de trocas gasosas.....	28
4.5.4. Características físico-químicas.....	28
4.5.4.1. Determinação da coloração dos frutos.....	29
4.5.4.2. Determinação dos Sólidos Solúveis.....	29
4.5.4.3. Determinação da Acidez Titulável.....	29
4.5.4.4. Determinação da relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS /AT)	30
4.5.4.5. Determinação do pH das amostras.....	30

4.5.4.6. Determinação de Compostos Fenólicos.....	30
4.5.4.7. Determinação de Antocianinas.....	31
4.5.4.8. Determinação de Ácido Ascórbico (Vitamina C)	32
4.5.4.9. Determinação da Umidade.....	32
4.5.4.10. Determinação da firmeza de polpa.....	32
4.6. Análises Estatísticas.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1. Resultados de produção.....	34
5.2. Resultados de área foliar.....	44
5.3. Resultados de trocas gasosas.....	47
5.4. Resultados físicos e químicos de pós-colheita.....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
7. CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição de linhagens de fungos micorrízicos arbusculares do inoculante micorrízico utilizado no experimento de 2016.....	26
Tabela 2. Composição de linhagens de fungos micorrízicos arbusculares do inoculante micorrízico utilizado no experimentos de 2017.....	26
Tabela 3. Resumo da análise de variância para os dados de número total de frutos, produção comercial e não comercial de plantas e produção total, obtidos em cultivares de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	34
Tabela 4. Resumo da análise de variância para os dados de número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, massa média de frutos comerciais e massa média de frutos não comerciais, obtidos em cultivares de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	35
Tabela 5. Número total de frutos, produção comercial e não comercial e produção total cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	36
Tabela 6. Número de frutos comerciais e não comerciais, massa média frutos comerciais e não comerciais cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	37
Tabela 7. Resumo da análise de variância para os dados de número total de frutos, produção comercial e não comercial de plantas e produção total, obtidos em cultivares de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	39
Tabela 8. Resumo da análise de variância para os dados de número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, massa média de frutos comerciais e massa média de frutos não comerciais, obtidos em cultivares de morangueiro cultivadas com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	40
Tabela 9. Número total de frutos, produção comercial e não comercial e produção total cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	41
Tabela 10. Número de frutos comerciais e não comerciais, massa média frutos comerciais e não comerciais cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	41

Tabela 11. Análise de variância para área foliar de cultivares de morangueiro com fungos micorrízicos produzidas no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	44
Tabela 12. Resultados da característica de área foliar das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos produzidas em 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	45
Tabela 13. Análise de variância para avaliações de trocas gasosas de cultivares de morangueiro com fungos micorrízicos produzidas no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	47
Tabela 14. Resultados das características de trocas gasosas em cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos produzidas em 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	48
Tabela 15. Resumo da análise de variância para as características físico-químicas em frutos de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	50
Tabela 16. Resumo da análise de variância para as características físico-químicas em frutos de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	51
Tabela 17. Resultados das análises físicas e químicas das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	52
Tabela 18. Resultados das análises físicas e químicas das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	53
Tabela 19. Análise de variância para as características de cor das cultivares de morangueiro com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	72
Tabela 20. Resultados das características de cor das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	72
Tabela 21. Análise de variância para as características de cor das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	73
Tabela 22. Resultados das características de cor das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.....	73

RESUMO

CORDEIRO, Ely Cristina Negrelli. **Produção e qualidade de frutos em morangueiros inoculados com fungos micorrízicos arbusculares**. Guarapuava: UNICENTRO, 2018. 105 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal).

O uso de fungos micorrízicos arbusculares pode ser uma tecnologia auxiliar, proporcionando melhor absorção de nutrientes e estimulando o sistema de defesa dos vegetais, além de promover maior síntese de compostos bioativos. Além disso, podem diminuir os custos de produção e tornar os sistemas de cultivo mais sustentáveis e comprometidos com o ambiente. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nos componentes agronômicos, fisiológicos e de qualidade de frutos de cultivares de morangueiro. As cultivares avaliadas foram Camarosa, Aromas, Camino Real, Monterey, Portola, San Andreas e Albion no ano de 2016 e Camarosa, Camino Real, Monterey e Albion no ano de 2017, inoculadas e não inoculadas com FMAs. Foram avaliados os componentes de produção (número de frutos, produção total e massa de frutos) e de pós-colheita (vitamina C, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez titulável (*ratio*), compostos fenólicos, antocianinas, umidade, firmeza e coloração). Além dessas análises, no ano de 2017 foram feitas análises de trocas gasosas e de área foliar. Quanto a produção houve destaque para as plantas micorrizadas em relação às não micorrizadas nos dois anos de produção. No ano de 2016, para as características de pós-colheita houve destaque para os tratamentos inoculados nas análises de pH, sólidos solúveis, *ratio*, fenólicos e firmeza. Em 2017, as micorrizas proporcionaram melhores resultados para acidez titulável, pH, sólidos solúveis, *ratio*, compostos fenólicos e antocianinas. Na coloração as micorrizas se destacaram no parâmetro a^* e cromatividade em 2016. Nos resultados de área foliar, o tratamento com o inoculante foi efetivo, assim como apresentou respostas positivas na avaliação de trocas gasosas. Por meio da presente pesquisa verificou-se o benefício do uso de fungos micorrízicos arbusculares, melhorando características de produtividade, qualidade e pós-colheita na cultura do morangueiro.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch, Micorrizas, Inoculação, Campo, Pós-colheita.

ABSTRACT

CORDEIRO, Ely Cristina Negrelli. **Production and quality of fruits in strawberries inoculation with mycorrhizal arbuscular fungi.** Guarapuava: UNICENTRO, 2018. 105 p. (Dissertation – master's degree in agronomy: Plant Production).

The use of mycorrhizal arbuscular fungi may be a helping technology, allowing better absorption of nutrients and stimulating the defense system of vegetables, and besides it allows a better synthesis of bioactive compounds. So, the costs of production might decrease and the culture systems may become more sustainable and committed to the environment. The present work had as its goal to evaluate the influence of mycorrhizal arbuscular fungi in agronomic, physiologic and quality compounds in fruits of strawberry cultivars. The evaluated cultivars were Camarosa, Aromas, Camino Real, Monterey, Portola, San Andreas and Albion in 2016 and Camarosa, Camino Real, Monterey and Albion in 2017, inoculated and non-inoculated with mycorrhiza. The compounds of production (number of fruits, total yield and mass of fruits) and after harvesting were evaluated (Vitamin C, Titrated Acidity, pH, Soluble Solids, Ratio, Fenolic Compounds, Antocianins, Humidity, Firmness and Color). Besides these analysis, in 2017 were made gas exchange and leaf area analysis. In the production alaysis the inoculated plants were highlighted in comparison to the non-inoculated in the two years of production. In 2016, to the after harvesting characteristics there was a highlight on the inoculated treatments in the analysis of pH, Soluble Solids, Ratio, Fenolics and Firmness. In 2017, the mycorrhiza gave better results for Titrated Acidity, pH, Soluble Solids, Ratio, Fenolic Compounds and Antocianins. In the color, the mycorrhiza had a highlight on the a^* parameter and in chromactivity in 2016. In the avaliation of leaf area, the inoculating treatment was effective, such as presented positive responses in the evaluation of gas exchanges. By the present research, the efectiveness of the use of mycorrhizal arbuscular fungi is noted in productivity characteristics, quality and after harvest in the strawberry cultivars.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch, Mycorrhiza, Inoculation, After harvest.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é cultivada nas diferentes regiões do Mundo, sendo a única hortaliça pertencente à família das rosáceas (FILGUEIRA, 2008). Seu cultivo necessita de grande uso de mão-de-obra e é praticado principalmente por pequenos agricultores, tendo assim, grande importância econômica e social, destacando-se como excelente fonte de renda para a agricultura familiar (SANTOS et al., 2007).

No ano de 2014, a produção mundial de morangos atingiu valores acima de oito milhões de toneladas em aproximadamente 373 mil hectares, sendo a China o maior produtor com mais de 3 milhões de toneladas, seguida pelos EUA, com uma produção de aproximadamente 1,3 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2014). No Brasil a produção está em torno de 105 mil toneladas em uma área de 4000 ha (ANTUNES; REISSER JÚNIOR, 2015).

O cultivo convencional de morangueiro vem se onerando devido ao uso desordenado de produtos químicos tanto para a prevenção de pragas e doenças, bem como com o uso indiscriminado de adubação mineral para melhorar o desempenho de produção (GIMÉNEZ et al., 2008).

Verifica-se uma utilização acentuada e muitas vezes desnecessária de adubos, acarretando em um desequilíbrio para a planta e tornando-a mais suscetível ao ataque de pragas, podendo também provocar a salinização do solo e poluição dos ecossistemas próximos (KIRSCHBAUM; BORQUEZ, 2006).

Como forma de diminuir o uso de adubação mineral, de defensivos e melhorar a produtividade e qualidade de frutos de morangueiro, a utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) torna-se uma alternativa interessante. Micorrizas é a simbiose entre as raízes e fungos benéficos do solo, entre eles os FMAs, que podem influenciar positivamente no desenvolvimento de diversas culturas, inclusive na cultura do morangueiro (VESTBERB et al. 2004).

O estudo do uso dos FMAs no sistema produtivo das culturas tem se intensificado, pois a colonização com micorrizas pode estimular o sistema de defesa primário da planta, aumentando sua tolerância aos estresses bióticos e abióticos (SAGGIN JUNIOR e SILVA, 2005; VOS et al., 2012; CECATTO, 2014).

Além da tolerância a estresses bióticos e abióticos promovida pelas micorrizas, essa simbiose pode ser utilizada para estimular a redução no fornecimento de adubos às plantas, pois durante sua associação com as raízes dos vegetais, alguns nutrientes com pouca mobilidade no

solo, como o fósforo (P), podem ser absorvidos com maior eficiência pela planta (COSCOLIN, 2016).

Essa maior eficiência de absorção ocorre devido a capacidade dos fungos micorrizicos formarem micélios externos, explorando assim, maior volume e superfície de contato de solo, expandindo o sistema radicular, o que favorece a maior absorção de nutrientes (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; YAO et al., 2008).

Os FMAs associados às raízes dos vegetais podem agir ainda como biorreguladores, atuando no equilíbrio fito-hormonal das plantas, promovendo seu desenvolvimento e diminuindo estresses ambientais, tendo efeito bioprotetor (ROUPHAEL et al., 2015), e causam também o aumento da biomassa e produção, alteração de diversos indicadores de qualidade (ANTUNES et al., 2012 b).

A produção de plantas com alto teor de metabólitos secundários tem sido amplamente difundida entre os pesquisadores, devido a atuação desses compostos bioativos na saúde humana, aumentando a demanda dos consumidores (ROUPHAEL et al., 2010). As micorrizas atuam nos fatores de qualidade da planta, aumentando a produção de metabólitos dessas substâncias, resultando em frutos mais saudáveis, com maior concentração de moléculas antioxidantes, desencadeando uma melhoria na qualidade nutricional dos vegetais (LINGUA et al., 2013).

Quanto a cultura do morangueiro, pesquisas demonstram que a inoculação de FMA promove efeitos benéficos sobre o crescimento das plantas (NIEMI e VESTBERG, 1992), emissão de estolões (ALARCÓN et al., 2000), aumento no rendimento fotossintético, produtividade de frutos (BORKOWSKA., 2002), da tolerância contra patógenos (MATSUBARA et al., 2009; VOS et al., 2012) e estresse hídrico (BOROWICZ, 2010). Também promove aumento na produção de compostos fenólicos e melhor qualidade de frutos (CASTELLANOS-MORALES et al., 2010; LINGUA et al., 2013).

Existem respostas variadas sobre a atuação dos FMAs em diversas plantas cultivadas, porém, na cultura do morangueiro, em condições de campo são poucos os estudos sobre a aplicação de fungos micorrizicos nas raízes da planta, buscando avaliar seu estabelecimento e benefício a esses vegetais. Portanto são necessários estudos nesse sentido, visando estabelecer qual a atuação desses fungos em condições de campo nessa cultura, podendo tornar-se uma alternativa aos produtores para aumentar a qualidade e produção de frutos e diminuir custos de produção e até mesmo degradação ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Verificar a influência da inoculação com FMAs nos componentes agronômicos, fisiológicos e de qualidade de frutos de cultivares de morangueiro.

2.2. Objetivos Específicos

- Investigar a atuação dos FMAs nos componentes produtivos de frutos de diferentes cultivares de morangueiro;
- Analisar mudanças fisiológicas e na área foliar promovidas pelo uso dos FMAs nas cultivares de morangueiro;
- Avaliar a ação dos FMAs nas características físicas e químicas dos frutos de morangueiro das diferentes cultivares: pH, cor, firmeza de polpa, umidade, sólidos solúveis, acidez titulável, ratio, vitamina C, compostos fenólicos e antocianinas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Histórico da cultura do morangueiro

Os primeiros relatos encontrados sobre a cultura do morangueiro reportam-se à época do Império Romano em meados de 1300. Naquela época não era considerada uma cultura agrícola, desta forma, são poucos os registros encontrados deste período, sendo o mais antigo deles encontrado em Plínio (23-79 a.C.) no seu livro História Natural (DUSCHESNE, 1766; DARROW, 1966). Posteriormente, já no século XIII, o médico Nicholas Myrepsus mencionou a cultura em seus escritos.

A partir do século XIII, o morangueiro passou a ser cultivado na França, da espécie *Fragaria vesca*, de ocorrência silvestre. Essa espécie apresenta frutos pequenos e era utilizada apenas para fins ornamentais nos jardins (DUSCHESNE, 1766; DARROW, 1966; COSTA et al., 2014).

Na Europa, impulsionou-se o seu cultivo a partir de 1600, por meio da introdução de duas espécies advindas do continente americano, sendo elas a *Fragaria virginiana*, que foi introduzida nos jardins botânicos da Europa, proveniente da América do Norte e posteriormente a *Fragaria chiloensis*, oriunda do Chile (DARROW, 1966; ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2014).

Ocorreram cruzamentos casuais entre essas duas espécies nos jardins franceses, e por meio desses cruzamentos, pode-se observar que os frutos produzidos possuíam o gosto ácido do abacaxi e um perfume delicioso, sendo essa hibridação chamada então de *Fragaria x ananassa*, espalhada rapidamente por toda a Europa (DARROW, 1966).

A hibridação uniu características das duas espécies, incluindo maior tamanho, firmeza de frutos, vindos da *F. chiloensis* e a coloração vermelho escuro e frutos aromáticos da *F. virginiana* (STEGMEIR et al., 2010; COSTA et al., 2014).

Após a descoberta desse híbrido, os ingleses iniciaram o programa de melhoramento do morangueiro, posteriormente franceses e americanos também passaram a desenvolver pesquisas de melhoramento da espécie. Segundo a literatura, os Estados Unidos passaram a desenvolver suas pesquisas de forma mais destacada apenas após a Segunda Guerra Mundial, onde foram desenvolvidas as principais cultivares utilizadas, com características morfofisiológicas específicas (OLIVEIRA et al.; 2005, GONÇALVES, 2015).

O morangueiro evoluiu consideravelmente nos últimos anos em todo o Mundo. No

Brasil, essa evolução desenvolveu-se a partir da década de 1960, por meio do melhoramento genético, quando foram lançadas cultivares melhores adaptadas e a adoção de novas técnicas de cultivo. Nesse mesmo período, também passou a haver uma maior oferta de mudas, com sanidade controlada, as quais tem promovido o bom desenvolvimento da cultura e aumento da produtividade e qualidade de fruto (SILVA, 2013).

3.2. Descrição botânica e taxonômica

A família a que pertence a cultura do morangueiro é a Rosaceae, subfamília Rosoideae, ordem Rosales, subclasse Rosidae, classe Magnoliopsida (dicotiledoneae), divisão Magnoliophyta (angiosperma) gênero *Fragaria L.*, a qual abrange mais de vinte espécies, que se diferem funcionalmente e estruturalmente (SILVA, et. al 2007).

O gênero *Fragaria* apresenta cromossomos básicos, comuns a todas as espécies, e quatro níveis de ploidia: diploides, tetraploides, hexaploides e octaploides. As espécies diploides, tetraploides e hexaplóides são comuns na Europa e Ásia, já as octoploides, podem ser encontradas nas Américas e na Ásia (ANTUNES e HOFFMANN, 2012). O morangueiro cultivado, *Fragaria x ananassa* Duch, é um octaploide com número básico de cromossomos igual a sete ($2n = 8x = 56$) (HANCOCK; HANCOCK, 1999).

As plantas de morangueiro são classificadas como perenes, herbáceas, de ciclo anual. Possuem caule estolonífero de onde surgem as folhas, estolhos e inflorescências, com porte rasteiro, formando pequenas touceiras que podem atingir de 15 a 30 cm de altura. A parte comestível é carnosa e suculenta, formando um pseudofruto, sendo os frutos verdadeiros secos, do tipo aquênio, que são estruturas diminutas, que contêm sementes aderidas ao receptáculo (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005; SANHUEZA et al., 2005; SILVA et. al, 2007; VERDIAL, 2007; PALIYATH et al., 2008).

As sementes impulsionam o crescimento homogêneo do receptáculo. Se a polinização ocorrer de forma adequada será formado um fruto uniforme, caso contrário, poderá haver deformação no fruto devido à falta de estímulo hormonal. A semente (aquênios) também serve para a multiplicação sexuada, que pode ser usada em programas de melhoramento genético (GALVÃO et al., 2014).

O sistema radicular do morangueiro é do tipo superficial e fasciculado, sendo que cerca de 90% das raízes ficam presentes nos primeiros 20 cm de solo (PALHA, et. al., 2005;

OLIVEIRA, 2009). Surgem raízes adventícias da base das folhas novas ao redor da coroa, estas apresentam aspecto fibroso, sendo divididas em primárias e secundárias (FILGUEIRA, 2006). Suas folhas são trifoliadas, com bordos serrilhados e características de cor e formato distintas conforme as cultivares. A emissão de folhas em plantas bem desenvolvidas ocorre de uma folha a cada 8 a 12 dias, sendo influenciadas pela soma térmica (TAZZO et al., 2015).

As flores dessa cultura são consideradas andróginas e hemicíclicas, com o cálice com brácteas unidas na base. As pétalas são livres e lobuladas, podendo ser brancas ou avermelhadas (MELO; BORTOLOZZO; VARGAS, 2006; GOMES, 2007), possuem autofecundação, sendo sua taxa conforme a cultivar (CONNOR; MARTIN, 1973).

As flores são compostas por cinco sépalas e cinco pétalas no geral, com forma elíptica, redonda e oval. Possui de 20 a 30 estames e uma quantidade de pistilos variando de 60 a 600. As flores primárias desenvolvem frutos maiores e as secundárias e terciárias por terem menor quantidade de pistilos formam frutos menores (PALHA, et. al., 2005).

3.3. Importância econômica e social

O morango (*Fragaria ananassa*) tem se destacado como um dos frutos de grande importância em escala mundial, tendo ótimo retorno financeiro ao produtor, por ser usado como matéria-prima para diversos produtos alimentícios. Esse, inclusive possui características específicas na sua composição, que agradam o consumidor, como a cor vermelha-brilhante intenso, odor característico, textura macia e sabor levemente acidificado (CUNHA JUNIOR et al., 2012).

Devido as diversas mudanças sociais, econômicas e climáticas, ocorridas mundialmente, tem ocorrido uma grande transformação nos hábitos culturais e alimentares da sociedade. Em função das crescentes demandas por qualidade e funcionalidade dos alimentos, tem-se uma grande necessidade de informações sobre a produção e o uso dos pequenos frutos. (ANTUNES e HOFFMANN, 2012).

A produção mundial de morango dobrou na última década, já que nos anos 2000 o mundo produziu em torno de 4,47 milhões de toneladas. De acordo com dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), de 2014, a colheita atingiu acima de 8 milhões de toneladas em uma área de 373,4 mil hectares (FAOSTAT, 2014).

A Ásia é responsável por 48,9% da produção mundial, com destaque para a China que produziu acima de 3 milhões de toneladas. Posteriormente vem os EUA com 1.371.573 de toneladas, seguido pelo México com 458.972 toneladas, Turquia com 376.070 toneladas, Espanha com 291.87 toneladas e pelo Egito com 283.471 toneladas. A China teve uma produção significativa em 2014, com uma produtividade em torno de 27 t ha⁻¹, no entanto, os EUA superaram essa produtividade com 56 t ha⁻¹. A União Europeia teve uma produtividade média de 11 t ha⁻¹ no período de 2000 a 2014 (FAOSTAT, 2014).

A produção de morangos no Brasil, apresenta grande importância e vem se expandindo, representando cerca de 40% da área total produzida na América do Sul (ANTUNES e HOFFMANN, 2012). Essa espécie pertence ao grupo dos pequenos frutos, caracterizada por apresentar maior área cultivada e maior tradição no cultivo, principalmente nas regiões Sudeste e Sul. Além disso, de todos os pequenos frutos, é o que apresenta maior adaptabilidade e por isso é difundido em regiões de clima temperado, tropical a subtropical (PAGOT et al., 2003).

No Brasil, o cultivo de morangueiro é uma atividade agrícola especializada, que necessita dedicação, conhecimentos técnicos de alto nível e utilização de métodos modernos de manejo da cultura (REISSER JUNIOR et al., 2015).

A área plantada em território brasileiro atinge em torno de 4.000 hectares, com uma produção estimada de 105 mil toneladas por ano e produtividade média de 30 t ha⁻¹, podendo atingir 60 t ha⁻¹ em cultivos mais tecnificados (REISSER JR et al., 2015). De acordo com os dados obtidos pela FAO, a produtividade brasileira em relação à mundial, pode ser comparada com a produtividade chinesa, superando a União Europeia, mas bem abaixo da produtividade dos EUA (FAOSTAT, 2014).

No Brasil, os principais estados produtores de morango são Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina e Distrito Federal (ZAWADNEAK; SCHUBER; MOGÓR, 2014). A produção média brasileira é de 30 t ha⁻¹, podendo alcançar até 60 t ha⁻¹. Neste contexto, a cultura do morangueiro pode ser caracterizada como peculiarmente da agricultura familiar (REISSER JUNIOR et al., 2015).

No estado do Paraná, acredita-se que a cultura tenha sido incorporada por imigrantes japoneses, e os principais locais de produção estão concentrados na região metropolitana de Curitiba (São José dos Pinhais, Araucária, Colombo, Almirante Tamandaré, Antônio Olinto, Mandirituba, Contenda e Lapa), no Norte Pioneiro (Jaboti, Pinhalão e Conselheiro Mairink) e

nas cidades de Umuarama, Ponta Grossa, Maringá, Cascavel, Francisco Beltrão, Londrina e Campo Mourão. (CARVALHO et. al., 2014; ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2014).

Entre as principais cultivares plantadas no estado se destacam as de dias curtos, apesar disso, com o aumento da importação de mudas certificadas do Chile, os produtores têm mostrado preferência por cultivares neutras ao fotoperíodo, por garantirem a produção durante todo o ano. As cultivares atualmente mais plantadas no estado são Oso Grande, Aromas, Camarosa, Festival, Camino Real, Palomar, Albion, Monterrey, Portola e San Andreas (CARVALHO et al., 2014)

Entre os anos de 1999 e 2010 a produção de morangos no Paraná deu um salto de produção de 8,3 mil para 14,3 mil toneladas, caracterizando um aumento de 73%. Esse fato pode ser atribuído, em parte, a importação de mudas do Chile, o que permitiu um aumento na produtividade de 22.555 kg ha⁻¹ para 26.879 kg ha⁻¹.

Houve aumento também na área plantada, com destaque para os municípios de Jaboti, São José dos Pinhais e Araucária. O morango é responsável por 1% do volume de produção de frutas do estado, participando com 9,5% do valor bruto de produção (VBP), o que o torna a quarta fruta em rentabilidade no Paraná (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2014).

A cultura do morangueiro possui grande importância econômica e social, pois a maior parte das áreas são cultivadas em unidades de produção agrícola familiar, gerando maior renda para as famílias e empregos, o que possibilita sua fixação no campo. A adoção do cultivo do morangueiro é uma oportunidade de diversificação da produção agrícola, como uma alternativa ao cultivo de outras hortaliças, podendo também, tornar as áreas produtoras em destinos turísticos (CARVALHO et al., 2014).

O pseudofruto do morangueiro pode ser processado e usado em geleias, biscoitos, iogurtes, sorvetes, entre outros, tendo uma diversidade de opções de processamento e comercialização (SANHUEZA et. al., 2005).

3.4. Características fisiológicas e fenológicas dos cultivos

A oscilação entre as fases vegetativa e floral do morangueiro pode ser influenciada por muitos fatores ambientais, com destaque para temperatura e fotoperíodo (SILVA, et al. 2007). Conforme o comportamento das cultivares em função desses fatores ambientais, são definidos dois grupos distintos de cultivares: as cultivares de fotoperíodo curto, ou seja, normalmente

florescem quando dia possui menos de 14 horas e temperatura inferior a 15 °C, porém, em condições diferentes, ocorre o crescimento vegetativo (emissão de estolhos); e as cultivares insensíveis ao fotoperíodo (neutras), que florescem continuamente com temperaturas entre 10 e 28 °C (DURNER, 2015).

No Brasil, a maioria das cultivares é sensível ao fotoperíodo, ocorrendo indução das flores nos dias com período de luz inferior a 14 horas e com temperaturas moderadas e o desenvolvimento dos estolhos ocorre nos dias longos com temperaturas mais elevadas. No entanto, as cultivares de dia curto não atende a demanda por morangos nos meses mais quentes do ano. Desta forma, o interesse por cultivares de fotoperíodo neutro vem aumentando consideravelmente (STRASSBURGER et al., 2010).

Essas cultivares permitem a expansão do cultivo de morango para as regiões mais quentes. Como as cultivares respondem de diferentes formas em cada região, é importante conhecer a interação genótipo por ambientes das cultivares, pois, esses fatores atuam sobre a diferenciação celular, indução floral ou emissão de folhas e estolhos, e podem ser proveitosos ou não para a produção.

As principais cultivares que vem sendo utilizadas no Brasil provém de programas de melhoramento dos Estados Unidos (MÓGOR, 2014). Entre as cultivares de dias curtos mais plantadas no Brasil estão Camarosa e Camino Real.

A cultivar Camarosa foi desenvolvida na Universidade da Califórnia (EUA) no ano de 1988, sendo inicialmente chamada de Cal. 88.24-603, decorrendo do resultado do cruzamento entre a cultivar ‘Douglas e o híbrido avançado Cal. 88.218-605 (VOTH; SHAW; BRINGHURST, 1994).

As plantas têm vigor intermediário e densidade foliar média. As folhas possuem tamanho médio, com recorte das bordas em formato arredondado, coloração da superfície adaxial verde clara, com brilho médio e estípulas ausentes. Sua floração é precoce, com flores posicionadas no meio do dossel, contendo de 5 a 8 pétalas. A corola e o cálice são médios e do mesmo tamanho, sendo o cálice de fácil remoção.

O fruto primário desta cultivar é grande, em formato cilíndrico, com coloração vermelha escura e brilho médio, o sabor é subácido, próprio para o consumo “in natura” e industrialização. Os aquênios são intermediários, em grande número e incrustados na epiderme. Essa cultivar possui colheita precoce, com frutos de polpa vermelha e muito firme,

com pequena cavidade interna, alto teor de açúcar, teores medianos de acidez e *flavor*, o que lhe confere qualidade organoléptica (VOTH; SHAW; BRINGHURST, 1994).

Esta cultivar é suscetível à mancha de micosferela (*Mycosphaerella fragariae*), à antracnose (*Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum acutatum* Simmonds) e ao mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) (ANTUNES et al., 2011).

A cultivar Camino Real foi desenvolvida pelo programa de melhoramento da Universidade da Califórnia, Davis/EUA, lançada comercialmente em 2004, apresenta alta capacidade de produção, sendo suas plantas de pequeno porte, mais compactas, eretas, mais abertas e com menor vigor; os frutos tem melhor forma e tamanho, sendo grandes e firmes melhorando a eficiência na sua colheita; sua polpa é vermelho- escura, tendo excelente sabor e pode ser comercializada tanto *in natura* quanto para a indústria. Possui tolerância e resistência à *Phytophthora cactorum* e *Verticillium* sp (SHAW, 2004); ANTUNES et al., 2011).

As cultivares de dia neutro mais plantadas em território brasileiro são Aromas, Albion e San Andreas, além de Portola e Monterey, entre outras.

Aromas é uma cultivar originada do cruzamento entre as seleções avançadas de Cal 87.112-6 e Cal 88.27-1 no ano de 1991, na Universidade da Califórnia, sendo designada inicialmente como CN209 (SHAW, 1998). Essa cultivar é considerada de dia neutro por possuir a capacidade de florescer e frutificar em taxas similares em variações de fotoperíodo (STEWART; FOLTA, 2010). Sua colheita é tardia, com frutos de bom tamanho, de coloração vermelho vibrante e bom sabor. Considerada uma planta precoce, com vigor médio, indicada para o cultivo no verão e com resistência moderada a oídio (SHAW, 1998; BERNARDI et al., 2005; ANTUNES et al., 2011).

A polpa é firme, com cavidade interna do fruto de tamanho médio e bom sabor. Teores de açúcar, acidez e *flavor* medianos, com boas propriedades organolépticas. Tem boa qualidade para o consumo *in natura* e para a industrialização (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN 2004). Essa cultivar possui densidade foliar média, com folhas de tamanho médio e formato com recorte arredondado, de coloração adaxial verde escura, brilho médio e estípula pequena. Sua floração é precoce e as flores se posicionam acima do dossel, tendo de 5 a 8 pétalas. O cálice e a corola são médios e de mesmo tamanho (SHAW, 1998).

A cultivar Albion foi lançada comercialmente em 2004, pela Universidade da Califórnia (Davis), sendo própria para o consumo *in natura*, correspondendo ao resultado do cruzamento entre a cultivar Diamante e uma seleção originária da Califórnia, EUA. Suas plantas possuem

arquitetura de planta mais aberta, o que facilita sua colheita. A produção tem poucos picos e seus frutos possuem melhor sabor quando comparados com outras variedades de dia neutro, sua cor é semelhante a cultivar Aromas (SHAW, 2004; ANTUNES et al, 2011)

San Andreas também é uma cultivar considerada de dias neutros, sendo lançada comercialmente em 2008 pela Universidade da Califórnia (Davis). Essa cultivar é adaptada a costa central e sul da Califórnia, sendo resultado do cruzamento entre Albion e uma seleção. Seus frutos são vermelhos, ligeiramente menos intensos que das cultivares Albion e Aromas e mais escuros que Diamante.

Seus frutos são também grandes e longos, com peso em torno de 30 gramas e firmeza e sabor semelhantes aos da Albion. Possuem polpa mais escura e vermelha que Albion, e época e padrão de produção similares a cultivar Albion. Tem maior índice de vigor quando comparada a Albion, Aromas e Diamante e semelhante em aparência a Albion e Diamante, sendo menor e mais compacta que Aromas. Possui resistência moderada ao oídio, à murcha de *Verticillium*, à podridão da coroa causada por *Phytophthora* spp e à mancha de micosferela (*Mycosphaerella* spp), com tolerância ao ácaro rajado (ANTUNES et al., 2011).

Portola foi lançada comercialmente em 2010, pela Universidade da Califórnia (Davis), apresentando ampla adaptabilidade. Essa cultivar tem frutificação mais precoce que Albion. Possui forte resposta a floração e por isso é bem adaptada aos sistemas de plantio de primavera e verão. É considerada uma planta vigorosa, com frutos de tamanho semelhante a Albion, mas com cor mais clara e brilhante. Suas características de colheita são semelhantes á Albion, porém, é menos tolerante a chuva (ANTUNES et al., 2011).

A cultivar Monterey foi lançada comercialmente em 2010, também pela Universidade da Califórnia (Davis), sendo considerada moderadamente de dias neutros, sua floração é um pouco mais intensa do que a da Albion, com padrão de produção semelhante. São plantas vigorosas, que exigem maior espaçamento entre plantas, quando comparada à Albion. Em relação às características de pós-colheita, elas se assemelham as da Albion (ANTUNES, et al., 2011).

3.5. Qualidade de frutos

O fruto do morangueiro é muito apreciado em diversos países por possuir características sensoriais agradáveis e nutricionais bem definidas, sendo desta forma, bem valorizados para

comercialização (GIMÉNEZ et al., 2008). O sabor e as propriedades nutricionais têm ganho importância nos programas de melhoramento e também nos sistemas produtivos (BRACKMANN et al., 2011).

Esse fruto permite uma dieta equilibrada e balanceada, sendo ótima fonte de vitaminas e minerais, que são indispensáveis à saúde humana. Também está associado a redução de colesterol, devido às fibras solúveis presentes em sua constituição, compostas por pectinas solúveis, as quais também são responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos e hortaliças (FRANÇOSO et al., 2008; ROCHA et al., 2008).

Atualmente as características dos frutos estão entre os fatores mais importantes e valorizados nos programas de melhoramento do morangueiro. Características como firmeza de polpa, resistência à manipulação e às podridões permitem aumento na vida útil de prateleira, atendendo assim as expectativas do mercado.

As plantas que produzem frutos maiores, com coloração mais intensa, produção superior e resistentes às doenças atendem à demanda dos produtores. Para os consumidores, o tamanho, cor e aparência são as condições que mais influenciam inicialmente, posteriormente a doçura, acidez e aroma são considerados para escolha dos melhores frutos (BIAN et al., 2014; CECATTO, 2014).

Os atributos de qualidade são expressos pela integridade do produto, textura, combinadas com o sabor, que é um dos fatores considerado mais importantes, sendo considerado em parte pelo balanço açúcar/acidez do fruto, e a outras propriedades físicas, químicas e estéticas, sendo considerado ainda, seus valores nutricionais e multifuncionais decorrentes da presença de compostos químicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A disseminação das propriedades antioxidantes dos morangos vem aumentando a quantidade de consumo do produto e também a procura por informações a respeito da qualidade dos mesmos (NICKEL et al., 2004).

A respeito da qualidade nutricional e funcional do morango, destacam-se sua capacidade antioxidante, por reduzir a suscetibilidade a infecções, seu efeito diurético e sua atividade anti-inflamatória. Suas propriedades benéficas estão relacionadas ao ácido ascórbico, presente na polpa e aos compostos fenólicos, sendo assim, a caracterização físico-química, nutricional e funcional dos frutos de grande importância quando se pesquisa o desempenho de cultivares em uma determinada região, pois ela permite obter informações sobre a qualidade final do produto (ROCHA et al., 2008; COSTA et al., 2014).

O acúmulo desses antioxidantes pode variar, influenciado pela cultivar, por diversas respostas relacionadas ao grau de maturação dos frutos, deficiências nutricionais, danos ou defesa contra herbívoros ou fungos patogênicos, além de alterações na temperatura ou exposição à radiação ultravioleta (ANDERSEN e JORDHEIM, 2006).

Outra característica a ser considerada é a dos frutos de morangueiro serem classificados como não climatéricos, assim, são altamente perecíveis por terem alta intensidade respiratória e de transpiração. Desta forma, devem ser tomadas medidas para manter a qualidade do fruto até sua chegada para o consumidor final. Dentre elas, o acondicionamento merece especial atenção, principalmente quando se visa um período de comercialização mais prolongado (FLORES-CANTILLANO, 2004).

3.6. Características físicas e químicas de frutos

Boas características físico-químicas nos frutos asseguram uma maior aceitação pelo mercado consumidor e aumentam o rendimento no processo de industrialização (MARODIN et al., 2010).

O sabor relaciona-se principalmente a quantidade de ácidos orgânicos em relação ao teor de açúcares. Se a relação entre o teor de açúcar e ácidos está alta, isso quer dizer que há um maior equilíbrio entre o doce e o ácido, o que proporciona frutos de sabor mais agradável.

Os ácidos são responsáveis pela regulação do pH celular, influenciando diretamente na formação de pigmentos como as antocianinas, que são responsáveis pela coloração vermelho-intenso dos frutos (LIMA, 1999). A tendência é que o teor de ácidos diminua conforme o fruto vai amadurecendo, as quais são usadas no ciclo de Krebs e na transformação de açúcares no processo respiratório (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A cor é um atributo sensorial muito importante para a aceitação do produto, sendo o principal parâmetro utilizado na determinação do ponto de colheita (FLORES-CANTILLANO, 2006). A firmeza é determinada por meio da estrutura das substâncias pécticas (cimento celular), sendo um dado importante para qualidade por se relacionar a capacidade de armazenamento e vida útil. Conforme a maturação avança, os frutos vão perdendo a firmeza tendo seus tecidos amolecidos devido a solubilização das substâncias pécticas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A coloração é um dos aspectos mais importantes referentes à aparência dos frutos do morangueiro, sendo que ela indica o ponto de maturação e atrai a atenção do consumidor. A coloração vermelha intensa do morangueiro é oriunda de pigmentos como as antocianinas, que são derivadas dos açúcares (RESENDE et al., 2008).

A coloração é uma característica importante para avaliar a qualidade dos frutos, porém há uma dificuldade de diferenciar as tonalidades da cor vermelha. Visando solucionar esse problema, a caracterização quantitativa de caracteres fornece parâmetros mais exatos quanto a propriedade de cor dos frutos (CONTI et al., 2002).

Os parâmetros CIE $L^*a^*b^*$ são muito utilizados para avaliação da coloração. No entanto, são de difícil interpretação em termos de mudanças na cor. Dessa forma, a CIE (Internacional Commission on Illumination) aconselha a utilização do sistema $L^*C^*H^\circ$, em que, L^* equivale à luminosidade ou brilho, variando de 100 (branco absoluto) a 0 (preto absoluto) (SUI et al., 2016).

Croma (C^*) descreve a cromaticidade, que define a intensidade da cor, onde os mais opacos têm valores próximos de zero e, aqueles com maior vivacidade próximos de 60. O H° é representado em ângulos hue, onde a faixa de 0° a 180° corresponde às cores vermelha ($+a^*$) e verde ($-a^*$), respectivamente. Entre 90° e 270° encontram-se o amarelo ($+b^*$) e azul ($-b^*$) (SUI et al., 2016).

O teor de sólidos solúveis está relacionado a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa dos frutos. Esses sólidos se constituem principalmente de açúcares e, conseqüentemente, podem refletir sobre o atributo de doçura dos frutos. O teor de sólidos solúveis é, geralmente, expresso em $^\circ\text{Brix}$ e tende a aumentar com o avanço da maturação (ANTUNES et al., 2014).

A parcela restante de sólidos dissolvidos nos frutos é formada por ácidos orgânicos. No morango predomina o ácido cítrico, seguido pelo málico (KADER, 2002). Esses ácidos estão envolvidos no metabolismo e regulação do pH das células, ajudando a estabilizar a estrutura de outras moléculas como antocianinas e ácido ascórbico. O teor desses ácidos equivale à acidez titulável, que é determinada por titulometria e expressa em conteúdo de ácido predominante (WANG et al., 2009).

A relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) faz parte das características que determinam o sabor de frutos maduros, compreende atributos sensoriais como doçura, acidez, aroma, textura, entre outros (ANTUNES et al., 2014).

O pH (potencial hidrogeniônico) retrata o inverso da concentração de íons hidrogênio em um material (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A determinação deste atributo é importante na definição da finalidade de uso das cultivares (CONTI et al., 2002).

Os frutos que possuem pH mais ácido (baixo) são mais indicados para a indústria, porém, os morangos indicados para o consumo *in natura* possuem melhor aceitabilidade com pH pouco ácido (FIGUEIREDO, et al., 2010). O pH também tem efeito considerável na estabilidade da antocianina e na expressão da coloração de frutos (HOLCROFT e KADER, 1999).

A determinação do pH nos alimentos é fundamental, tanto quando se refere aos aspectos microbiológicos quanto químicos. Na perspectiva microbiológica, o pH influencia no controle do crescimento microbiano. Tanto em hortaliças como em frutas pós-colheita, existe uma grande ocorrência de micro-organismos que demandam variáveis de pH, temperatura, oxigênio, nutrientes e umidade para se desenvolverem, havendo o predomínio de fungos nas frutas e de fungos e bactérias nas hortaliças. Quimicamente, as reações químicas que ocorrem nos alimentos dependem da acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em relação ao teor de ácido ascórbico (vitamina C) de frutos de morangueiro, podem ser encontrados valores entre 39 e 100 mg.100 mg⁻¹ (VIZZOTTO, 2012). Esse atributo pode ser determinado pelo genótipo, condições de cultivo e forma de armazenamento (LEE e KADER, 2000).

A vitamina C é a mais instável das vitaminas, sendo sensível aos agentes físico-químicos, como luz, oxigênio e calor, temperaturas elevadas e períodos prolongados de armazenamento que aceleram a perda (BRACKMANN et al., 2011).

O ácido ascórbico tem papel fundamental na formação de colágeno, síntese de epinefrina, corticoesteróis e ácidos biliares. Atua também como cofator enzimático, participando de processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e na inativação de radicais livres (ARANHA et al., 2000).

A vitamina C é um composto antioxidante essencial para plantas e pessoas, estando envolvida nas respostas fisiológicas ao estresse por eliminar espécies reativas de oxigênio (EROs) e no crescimento e divisão celular (ORNELAS-PAZ et al., 2013).

Os compostos fenólicos têm sua composição formada por anéis aromáticos com um grupo de hidroxila, formando metabólitos secundários, apresentando capacidade antioxidante (SIMÕES et al., 2000; SALMANIAN et al., 2014). Essas variáveis atuam no controle da

hiperglicemia e hipertensão, relacionadas à diabetes do tipo 2, e prevenção de complicações microvasculares causada por radicais livres, doenças renais e cicatrização deficiente (CHEPLICK, et al., 2010).

As propriedades antioxidantes dessas moléculas ocorrem principalmente devido ao seu potencial de oxirredução, fazendo com que atuem como agentes redutores, doando oxigênio e neutralizando radicais livres (RICE-EVANS et al., 1997). Essas substâncias se destacam como os principais constituintes bioativos responsáveis pelas propriedades organolépticas como sabor, textura, aroma, cor e aparência (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015). O morango já tem mais de 50 tipos de compostos fenólicos identificados (SIMIRGIOTIS e SCHMEDA-HIRSCHMANN, 2010).

As antocianinas são responsáveis por conferir cor aos frutos, flores, folhas, caule e raízes, são solúveis em água podendo variar entre laranja, rosa, escarlate, vermelho, violeta e azul (SUI et al., 2016). Acumulam-se nos vacúolos das plantas e sua estabilidade e cor dependem de condições intravasculares como pH, copigmentação, coexistência de flavonoides incolores e formação de complexos com íons metálicos (CASTAÑEDA-OVANDO., 2009).

A molécula de antocianina é composta por um esqueleto de agliconas, derivadas do dihidroflavonois, sendo formada por três anéis com duplas ligações e inclusões de hidroxilas ao longo da estrutura. Nas plantas encontram-se ligadas a um açúcar ou glicosídeo (CANUTO et al., 2016). Têm propriedades nutraceuticas muito importantes por possuir capacidade antioxidante, capturando radicais livres e absorvendo radiações UVs, danosas aos tecidos (BIAN et al., 2014).

Existe uma infinidade de antocianinas, e no morangueiro, as principais são a pelargonidina-3- glicosídeo (p-3-glu), cianidina-3-glicosídeo (Cy-3-glu) e pelargonidina-3-rutinosídeo (p-3-ru). A maior quantidade no morango é da pelargonidina-3-glicosídeo (LOPES-DA-SILVA, et al., 2007). O morango possui um perfil simples para essa propriedade, com poucos pigmentos principais (LINGUA et al., 2013).

Podem ser observadas variações qualitativas e quantitativas sobre o perfil das antocianinas entre cultivares ou mesmo dentro das mesmas cultivares, conforme o grau de maturação, pós-colheita, armazenamento e fatores climáticos (TULIPANI et al., 2008), pode variar também de acordo com a metodologia de análise utilizada.

A quantidade de água representa o componente mais abundante em morango (89 a 94%), tornando o fruto altamente sensível à desidratação (OLÍAS et al., 1998). A umidade de um

alimento está ligada à sua estabilidade, qualidade e composição, podendo afetar características do produto, como estocagem e embalagem.

Aqueles alimentos que são estocados com alta umidade tendem a deteriorar mais rapidamente do que aqueles que possuem baixa umidade, e alguns tipos de deterioração podem ocorrer em certas embalagens, se o alimento apresenta umidade muito alta (IAL, 2005)

A manutenção da firmeza da polpa em morangos é um atributo fundamental de qualidade no manejo pós-colheita. Os frutos mais firmes geralmente estão associados a uma melhor conservação e aspecto visual, sendo, desta forma, preferidos pelos consumidores (CALEGARO, PEZZI e BENDER, 2002).

A firmeza da polpa e a resistência da epiderme são propriedades muito importantes para os frutos, principalmente para as cultivares destinadas à produção de fruto para o consumo *in natura*, pois essas características lhe permitem um melhor manuseio e transporte, além de possibilitarem a conservação das qualidades sensoriais por mais tempo.

3.7. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são organismos biotróficos obrigatórios, que se associam às raízes de plantas vasculares terrestres, epífitas (JANOS, 1993), aquáticas (RADHIKA, SOUZA e RODRIGUES, 2012), também com rizoides (BRUNDRETT, 2002) e talos de briófitas (ZHANG e GUO, 2007), bem como, com outros vegetais de clados basais.

Esses organismos colonizam os tecidos das plantas, estabelecendo associação mutualista com esses vegetais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SOUZA et al., 2010). A capacidade de formar micorrizas do tipo arbuscular é restrita a fungos pertencentes ao filo Glomeromycota, sendo este o tipo mais comuns de micorriza no ecossistema terrestre (SIQUEIRA et al., 2002; STURMER e SIQUEIRA, 2006; SOUZA et al., 2010). Nesse filo já foram descritas entre 250-300 espécies distribuídas em número controverso de gêneros, famílias e ordens (PAGANO et al., 2016; REDECKER et al., 2013; STURMER, 2012).

Plantas em simbiose micorrízica sofrem alterações bioquímicas, fisiológicas e moleculares relacionadas com o seu sistema de defesa para que a simbiose seja estabelecida (GARCIA-GARRIDO e OCAMPO, 2002). Essas respostas, porém, estão limitadas, transientes e restritas a células específicas, no entanto as reações nas plantas possuem semelhanças, do

ponto de vista fisiológico, com as reações que se observam durante a infecção por patógenos (LAMBAIS et al., 2003).

O FMAs são organismos biotróficos obrigatórios e completam seu ciclo de vida apenas associados a uma planta hospedeira, que fornecerá carboidratos e outros fatores necessários para seu desenvolvimento e esporulação. Essa associação forma duas fases funcionais, a extrarradical, que se estende desde a raiz para o solo e a intrarradical, com hifas intercelulares e estruturas intracelulares especializadas chamadas de arbúsculos (BASLAM et al., 2011).

As plantas fornecem fotoassimilados obtidos por meio da fotossíntese aos fungos micorrízicos e estes fornecem às plantas nutrientes absorvidos no solo, ocasionando assim um estabelecimento de benefício mútuo entre esses organismos (MARSCHNER e DELL, 1994; PARNISKE, 2008).

Essa associação simbiótica se inicia na rizosfera, devido à presença de substâncias estimulantes aos fungos, metabólitos secundários produzidos e exsudados pelos vegetais, principalmente quando passam por estresses nutricionais (BASLAM et al., 2011; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Também existem evidências de que essa simbiose pode estimular a síntese de metabólitos secundários, podendo aumentar a tolerância da planta a estresses bióticos e abióticos (SMITH e READ 2008; RAMOS et al. 2011) e aumentar a acumulação de compostos antioxidantes nos tecidos das plantas, sendo esses atributos potencialmente benéficos para a saúde humana (BASLAM et al., 2011).

O estabelecimento desses organismos no sistema radicular das plantas influencia fatores fisiológicos, como a redução da susceptibilidade a patógenos (DEHNE, 1982, GUILLEMIN et al., 1994), tolerância ao estresse hídrico (KOIDE, 1985; AUGÉ, 2001; JAYNE e QUIGLEY, 2014), tolerância a salinidade (EVELIN et al., 2009; PORCEL et al., 2012) e alteração na capacidade fotossintética da planta (BROWN e BETHLENFALVAY, 1988).

O efeito dos fungos micorrízicos para o crescimento da planta hospedeira está associado à maior absorção de nutrientes, principalmente aqueles de baixa mobilidade no solo, os quais praticamente não se movem por fluxo de massa, porém chegam as raízes por mecanismo de difusão, que é um processo extremamente lento no solo.

Neste grupo situam-se primordialmente o macronutriente fósforo (P), e os micronutrientes zinco (Zn) e cobre (Cu) (MARSCHNER e DELL, 1994; MIRANDA et al., 2008). As hifas externas dos fungos micorrízicos funcionam como uma extensão do sistema

radicular, proporcionando uma maior área para contato com o solo, favorecendo, desta forma, a maior absorção de nutrientes (COOPER, 1984; MARSCHNER e DELL, 1994).

As micorrizas tem efeitos fundamentais e marcantes nas plantas, podendo atuar na melhoria nutricional (HARRISON, 2005; RAMOS et al., 2008), principalmente quanto ao fósforo (P), quanto a tolerância ao estresse abiótico, favorecendo as relações hídricas, os efeitos fisiológicos.

Também atua em processos reabilitadores como o estabelecimento da vegetação, aumento da produção de material orgânico, aumento do acúmulo de nutrientes na fitomassa, aumento na quantidade de raízes, maior proteção do solo (estabilização), melhoria nas relações tróficas, estímulo da transformação e ciclagem de nutrientes e favorecimento da estruturação e sucessão vegetal (SMITH e READ 2008; WU et al., 2009; PORRAS-SORIANO et al., 2009).

A maior capacidade na absorção de nutrientes é favorecida pela interação dos fungos micorrízicos com as espécies vegetais, proporcionando muitos benefícios, aumentando a capacidade de sobrevivência das plantas no solo por meio da expansão radicular, causadas pela ação simbiote dos fungos micorrízicos com as raízes (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; CHAGAS JUNIOR et al., 2010; BRAHMAPRAKASH e SAHU, 2012).

O uso desses fungos tem como objetivo aumentar a produção, reduzir o uso de fertilizantes químicos e contribuir para alcançar um padrão de agricultura mais sustentável e menos dependente de insumos (MOREIRA e SIQUEIRA et al., 2006)

As micorrizas podem causar alterações significativas no metabolismo das plantas, como aumento da atividade enzimática, aumento na abertura dos estômatos e aumento na taxa de absorção de CO₂ e sua simbiose nas raízes das plantas tem sido bastante estudada (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Conforme Camargo-Ricalde et al. (2012) a associação entre FMAs e espécies vegetais pode promover a diversidade vegetal, aumentando a sobrevivência, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, facilitando também o controle de estresses ambientais.

Normalmente, solos com baixa disponibilidade de P são favoráveis à micorrização, condição onde a planta pode obter o maior benefício da simbiose. Além disso, a magnitude dos benefícios da simbiose micorrízica depende da interação entre macro e microssimbiontes e das características ambientais, como a disponibilidade de fósforo e oferta de carbono ao simbiote (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; BERBARA et al., 2006). Níveis elevados de fósforo

inorgânico (Pi) na solução do solo inibem a colonização micorrízica arbuscular (SIQUEIRA e COLOZZI-FILHO, 1986; ANTUNES e CARDOSO, 1991; CARNEIRO et al., 2004).

A colonização micorrízica também pode proteger as plantas contra patógenos e excessos de metais pesados, diminuindo o efeito negativo dos mesmos (SIQUEIRA et al., 1999; CARDOSO e LAMBAIS, 1993), assim como diminui a toxicidade de alumínio (Al) (LAMBAIS e CARDOSO, 1989).

Os fungos podem ainda melhorar a relação água-plantas, especialmente sob limitações nutricionais e, o micélio externo aumenta a estabilidade de agregados do solo (ALBUQUERQUE et al.; 2005; PURIN, 2005). Portanto, os FMAs são multifuncionais nos agroecossistemas (NEWSHAM et al., 1995), melhorando potencialmente a qualidade física, química e biológica do solo (BERBARA, et al., 2006), componentes esses da fertilidade ampla do solo.

As micorrizas também auxiliam as plantas a suportar condições de excesso de micronutrientes, amenizando o efeito de toxidez, podendo reduzir a absorção ou a translocação das raízes e hifas fúngicas para a parte aérea da planta (CARDOSO et al., 2003; SOARES e SIQUEIRA, 2008).

3.8. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) na cultura do morangueiro

O uso de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do morangueiro está sendo estudado há muitas décadas por pesquisadores ao redor do Mundo, em países como Finlândia (NIEMI e VESTBERG, 1992), Japão (MATSUBARA et al., 2009), Estados Unidos (BOROWICZ, 2010), Itália (LINGUA et al., 2013) e México (CASTELLANO-MORALES et al., 2010).

Por meio de seus estudos, esses pesquisadores veem as micorrizas como uma tecnologia que pode colaborar para o melhor desenvolvimento da cultura, melhor potencial produtivo e qualidade de frutos. Essa tecnologia pode contribuir para a redução do uso de fertilizantes, fungicidas e inseticidas, conservando desta forma recursos naturais e reduzindo os custos de produção.

A atuação desses micro-organismos na cultura do morangueiro pode exercer importante papel, visando diminuir custos de produção, aumentar produtividade e melhorar características físico-químicas do fruto. O enfoque em qualidade é indispensável já que este fruto é

popularmente apreciado devido a apresentar grande quantidade de vitaminas e minerais importantes para a dieta humana (SAGGIN JUNIOR e SILVA; 2005).

Nos estudos encontrados com sobre associação de FMAs simbioticamente às raízes do morangueiro, existem pesquisas que mostram que a presença desses fungos nos diversos sistemas de produção dessa cultura tem resultados diferentes, onde em alguns casos essa simbiose beneficiou o sistema produtivo e outros casos em que esse benefício não foi observado (CECATTO, 2014).

Norman e Hooker (2000) observaram que os fungos micorrízicos podem ter ação bioprotetora nas raízes de morangueiro, já que houve uma redução de 69% na quantidade de esporos de *Phytophthora fragariae* após 72 horas de exposição aos exsudatos radicais de plantas com inoculação de *Claroideumglomus etunicatum* e *Glomus monosporum*, porém Tahmatsidou et al. (2006) não obtiveram diferenças significativas na supressão de *Verticillium dahliae* por meio da inoculação desses mesmos fungos micorrízicos e *Bacillus sp.*, tanto de forma isolada como em associação.

Taylor e Harrier (2001) e Alarcón et al. (2001) demonstraram que a presença de fungos micorrízicos influenciaram no aumento de massa fresca e seca de raízes em morangueiro, porém de acordo com esses autores os resultados dependem muito das espécies de FMAs que são inoculadas.

Pesquisas recentes mostram que os fungos micorrízicos tem ação mais efetiva na síntese de compostos bioativos e no aumento de aminoácidos (CECATTO, 2014). Conforme Castellanos-Morales et al. (2010) a simbiose de plantas de morangueiro e FMAs induz a um aumento de cianidina- 3- glucosídeo e outros compostos fenólicos nos frutos.

Em seus estudos Lingua et al. (2013) demonstraram que os frutos de morangueiro inoculados com FMAs apresentaram maior concentração de antocianinas em cultivo com baixa fertilização. Matsubara et al. (2009) constataram maior concentração de aminoácidos totais (ácido glutâmico, serina, glicina, leucina e alanina) em plantas inoculadas com *Funneliformis mosseae*.

Outras pesquisas demonstram que a inoculação com fungos micorrízicos na cultura do morangueiro pode promover também o aumento na emissão de estolhos (ALARCÓN et al., 2000), no rendimento fotossintético e no rendimento de frutos dessas plantas (BORKOWSKA, 2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Olericultura e no Laboratório de Fisiologia Vegetal/Horticultura, do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Hortaliças (NPEH), localizados no Departamento de Agronomia, do Campus Cedeteg da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, em Guarapuava-PR, que está localizada na latitude 25°23'01'' Sul e longitude 51°29'50'' Oeste, a uma altitude de 1.025 metros.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é tipo subtropical úmido Cfb, com verões quentes, invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, sem estação seca definida, temperatura média anual de 17 °, com temperatura média máxima anual é de 23,5 °C e a temperatura média mínima anual é de 12,7 °C e precipitação média anual de 1.824 mm (WREGE et al., 2012).

4.2. Material vegetal

No ano de 2016 foram utilizadas mudas de sete cultivares de morangueiro provenientes do Chile, sendo cinco de fotoperíodo neutro (Aromas, Monterey, Portola, San Andreas e Albion) e duas de fotoperíodo curto (Camarosa e Camino Real).

Em 2017 foram utilizadas mudas de quatro cultivares, também oriundas do Chile, duas de fotoperíodo neutro (Monterey e Albion) e duas de fotoperíodo curto (Camarosa e Camino Real). O número de cultivares foi reduzido no ano de 2017 devido a menor disponibilidade de recursos para o desenvolvimento do experimento, inviabilizando o plantio das demais cultivares.

4.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental para o experimento de 2016 foi em blocos ao acaso com arranjo fatorial 2x7. Os tratamentos de inoculação (plantas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e de plantas não inoculadas) foram associados com sete cultivares (Aromas, Monterey, Portola, San Andreas, Albion, Camarosa e Camino Real), dispostos em quatro blocos. Cada bloco correspondeu a um canteiro, e em cada parcela foram plantadas 8 mudas de cada cultivar, em espaçamento de 30 cm x 30 cm.

O delineamento experimental para o experimento de 2017 foi em blocos ao acaso com arranjo fatorial 2x4. Os tratamentos de inoculação (plantas inoculadas com FMAs e de plantas não inoculadas) foram associados com quatro cultivares (Monterey, Albion, Camarosa e Camino Real), dispostos em seis blocos. Cada bloco correspondeu a um canteiro, e em cada parcela foram plantadas 8 mudas de cada cultivar, em espaçamento de 30 cm x 30 cm.

4.4. Condução e manejo do experimento

O preparo do solo foi realizado por meio de aração, seguida de calagem e gradagem. Os canteiros foram cobertos com filme de polietileno preto (*mulching*) de 30 micras de espessura. A adubação de base foi realizada antes do transplântio, conforme a análise de solo da área.

A calagem foi realizada dois meses antes do plantio, de acordo com a análise de solo, utilizando no ano de 2016, 100 g de calcário calcítico por m². Para adubação de base foram utilizados 50 g de K₂O e 50 g de N por m², conforme análise de solo. A adubação fosfatada foi realizada com 50% da dosagem recomendada, adicionando 200 g de P₂O₅ no plantio e em cobertura. Foi realizado dessa forma para estimular o benefício dos fungos micorrízicos, que conforme a literatura tem ação mais efetiva em condições de baixa disponibilidade de P.

No ano de 2017, foi aplicado 384 g de calcário calcítico por m², conforme a análise de solo. Na adubação de base, 50 g de K₂O e 48,24 g N por m². A adubação fosfatada foi realizada também com 50% da dosagem recomendada, sendo de 253 g de P₂O₅ por m². Os micronutrientes foram aplicados via pulverização, de 15 em 15 dias, sendo 0,7 g Borax, 0,3 g de hidróxido de cobre, 1,8 g sulfato de zinco e 2,9 g de CAB Plus por m².

Antes do plantio das mudas foi adicionado nas covas o inoculante micorrízico constituído por várias linhagens de fungos micorrízicos arbusculares (Tabelas 1 e 2), aplicando-se por cova a dose de inoculante mencionada nestas tabelas. O inoculante micorrízico foi fornecido pelo Centro de Recursos Biológico Johanna Döbereiner (CRB-JD) da Embrapa Agrobiologia, localizada no município de Seropédica, RJ.

Tabela 1. Composição de linhagens de fungos micorrízicos arbusculares do inoculante micorrízico utilizado no experimento de 2016.

Código da linhagem	Código original da linhagem	Espécie	nº de esporo/g	nº esporos por dose de inoculante	Peso da dose de inoculante (g)
A97	CNPAB 053	<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever (2010)	18	10	0,56
A96	CNPAB 052	<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck (1984)	23	10	0,43
A38	IES-33	<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe (1977)	43	10	0,23
A2	CNPAB 002	<i>Dentiscutata heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl (2008)	27	10	0,37
A36	IES-29	<i>Gigaspora candida</i> Bhattacharjee, Mukerji, J.P. Tewari & Skoropad (1982)	6	10	1,67
A20	CNPAB 020	<i>Glomus formosanum</i> C.G. Wu & Z.C. Chen (1986)	25	10	0,40
A80	CNPAB 038	<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders (1986)	15	10	0,67
A75	CNPAB 034	<i>Scutellospora gilmorei</i> (Trappe & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders (1986)	8	10	1,25
Mistura inoculante			14	80	5,58

Tabela 2. Composição de linhagens de fungos micorrízicos arbusculares do inoculante micorrízico utilizado no experimentos de 2017.

Código da linhagem	Código original da linhagem	Espécie	nº de esporo/g	nº esporos por dose de inoculante	Peso da dose de inoculante (g)
A92	CNPAB 048	<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos (1982)	7	10	1,43
A94	CNPAB 050	<i>Acaulospora mellea</i> Spain & N.C. Schenck (1984)	13	10	0,77
A96	CNPAB 052	<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck (1984)	23	10	0,43
A38	IES-33	<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe (1977)	43	10	0,23
A44	Inóculo 51	<i>Claroideoglomus etunicatum</i> (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & Schuessler (2010)	17	10	0,59
A2	CNPAB 002	<i>Dentiscutata heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl (2008)	23	10	0,43
A36	IES-29	<i>Gigaspora candida</i> Bhattacharjee, Mukerji, J.P. Tewari & Skoropad (1982)	6	10	1,67
A20	CNPAB 020	<i>Glomus formosanum</i> C.G. Wu & Z.C. Chen (1986)	25	10	0,40
A5	CNPAB 005	<i>Rhizophagus clarus</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & Schuessler (2010)	8	10	1,25
A80	CNPAB 038	<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders (1986)	15	10	0,67
A75	CNPAB 034	<i>Scutellospora gilmorei</i> (Trappe & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders (1986)	8	10	1,25
Mistura inoculante			12	110	9,12

Foi realizado o controle preventivo de pragas e doenças durante todo o ciclo da cultura, conforme a necessidade, sendo usados produtos específicos registrados para a cultura do morangueiro no Estado do Paraná. Para o controle de pragas (principalmente ácaros e pulgões) foram realizadas pulverizações alternadas dos princípios ativos tiametoxam (250 g.kg^{-1}) e abamectina (18 g.L^{-1}). Para o controle preventivo de doenças fúngicas (mancha de micosferela, antracnose e mofo cinzento) foram aplicados Rovral (500 g L^{-1}), Bendazol (700 g.Kg^{-1}) e Difenconazol (200 g.L^{-1}).

A irrigação foi feita por sistema de gotejamento, de acordo com a necessidade das plantas e conforme as condições climáticas. Nos primeiros 20 dias após o transplante a irrigação foi realizada por 40 minutos ao dia. Posteriormente até o período de pré-florescimento, durante 30 minutos ao dia, até o final do ciclo, durante uma hora.

4.5. Avaliações

4.5.1. Características de produção

A colheita dos frutos foi realizada durante todo o ciclo da cultura, a cada dois dias a partir do início da produção no mês de agosto até o mês de fevereiro nos dois anos de cultivo. Esse processo teve início a partir do momento que os frutos apresentavam mais de $\frac{3}{4}$ de coloração avermelhada. Foi realizada a colheita todas as repetições dos tratamentos, sendo os frutos contados e pesados a cada colheita.

Foram considerados comerciais frutos que apresentavam massa superior a 10 gramas. Ao final do ciclo da cultura, foram determinados os valores de produção: número de frutos comerciais, não comerciais e totais (n° de frutos planta $^{-1}$); massa comercial, não comercial e total por planta (g planta^{-1}); e massa média de frutos (g fruto^{-1}).

A determinação do número de frutos por planta foi realizada por meio do quociente entre número de frutos colhidos por parcela e número de plantas por tratamento. A produção por planta (g planta^{-1}) foi determinada pelo quociente entre a massa total dos frutos por parcela e o número de plantas por parcela. A massa média de frutos foi realizada pela razão entre a produção por planta (g) e o número de frutos colhidos por planta.

4.5.2. Determinação da área foliar

Para a determinação da área foliar foram coletadas duas plantas centrais de cada parcela no campo. No laboratório de Fisiologia Vegetal foi realizada a separação das folhas do restante da planta. As folhas de cada tratamento foram medidas por meio do integrador de área foliar (LI-COR, modelo 3100), o valor foi obtido em cm².

4.5.3. Avaliação de trocas gasosas

As determinações da taxa fotossintética das plantas, analisando suas trocas gasosas foram determinadas por meio de um sistema portátil de medidas de fotossíntese (IRGA, Infrared Gas Analyzer – Li-6400 XT, Licor), analisadores de gás infra-vermelho.

Nesse aparelho os analisadores estão acoplados a uma câmara de alumínio, com duas aberturas onde a folha foi inserida para medir assimilação líquida de CO₂ ou rendimento fotossintético (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração intercelular de CO₂ (C_i, $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{ ar}$), condutância estomática (G_s, $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e taxa de transpiração (E, $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

4.5.4. Características físico-químicas

Para as análises físico-químicas foram utilizados frutos maduros, com $\frac{3}{4}$ da sua superfície vermelho-escura. Os frutos foram colhidos e separados conforme os tratamentos e de acordo com a cultivar. As determinações da cor, sólidos solúveis (°Brix), umidade (%) e firmeza (N) foram realizadas em triplicata (n=3) em frutos frescos totalmente maduros, com cor e tamanho uniformes. O restante dos frutos foi congelado imediatamente após a colheita.

Para as demais análises físico-químicas: vitamina C (ácido ascórbico, mg 100g⁻¹), acidez titulável (% de ácido cítrico), pH, relação acidez titulável/sólidos solúveis (Ratio), compostos fenólicos (ácido gálico, mg 100g⁻¹), antocianinas (de cianidina-3-glicosídeo, mg 100g⁻¹), foram utilizados frutos congelados (-18 °C) logo após a colheita, sendo realizados em triplicata (n=3).

4.5.4.1. Determinação da coloração dos frutos

Para avaliar a coloração dos frutos, foi utilizado o colorímetro, modelo Croma Meter CR-400/410 (Konica Minolta), que expressa os componentes: L^* , do branco (+L) ao preto (-L) no eixo z; a^* , do vermelho (+a) ao verde (-a) no eixo x; b^* , do amarelo (+b) ao azul (-b) no eixo y.

Antes das avaliações, foi realizada a calibração do aparelho com uma placa branca padrão de cerâmica. As leituras foram realizadas em triplicata na região equatorial externa e interna dos frutos. A partir dos componentes L^* , a^* e b^* , foram calculados o croma (saturação de cor) (Equação 1), o ângulo hue (tonalidade da cor) (Equação 2) e o ΔE (diferença total de cor) (Equação 3):

$$\text{Croma} = (a^{*2} \times b^{*2})^{0,5} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Hue} = (\tan b^*/a^* \times 180/\pi) \quad \text{Equação 2}$$

$$\Delta E = [L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}]^{0,5} \quad \text{Equação 3}$$

4.5.4.2. Determinação dos sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado em triplicata, com leitura direta, a temperatura ambiente, com o auxílio de um refratômetro digital (modelo PAL-1% – ATAGO) e expresso em °Brix.

4.5.4.3. Determinação da Acidez Titulável

A determinação da acidez titulável ocorreu em triplicata, conforme a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2005), sendo utilizada 10 g de polpa de morango, com adição de 50 mL de água destilada. Essa solução foi titulada com solução padrão de NaOH 0,1 N.

Para a determinação do ponto de viragem foi utilizado um medidor de pH digital microprocessado (Marca – TECNOPON, mPA 210), até atingir o pH de 8,2, que consiste no ponto de viragem da fenolftaleína. Os dados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

4.5.4.4. Determinação da relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS / AT)

É a relação entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável (ratio). Os valores obtidos por meio de leituras dos sólidos solúveis (SS) foram divididos pelos teores em porcentagem de acidez titulável.

4.5.4.5. Determinação do pH das amostras

Para leitura dos valores de pH foi utilizado um pHmetro digital marca MS TecnoPON modelo mPA-210, devidamente calibrado. A medição foi realizada em amostras de 10 g de polpa de morango, com adição de 50 mL de água destilada.

4.5.4.6. Determinação de Compostos fenólicos

Para determinar os compostos fenólicos totais foi feita a extração da polpa homogeneizada com etanol 80%. Para a extração, foram pesados 5 g de polpa e adicionados a 40 mL de etanol 80% em erlenmeyer, que foram agitados em mesa agitadora por 40 minutos. Em seguida, o extrato foi filtrado e acondicionado em tubos *falcon*, que foram armazenados em freezer, ao abrigo de luz, para posterior análise.

A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com o método espectrofotométrico do Follin-Ciocalteu, proposto por Woisky e Salatino (1998), em que, foi separada uma alíquota de 0,5 mL desse extrato em tubo de ensaio por meio do uso de pipeta graduada, e depois, adicionou-se 2,5 mL de solução de Follin-Ciocalteu a 10%. Os tubos foram agitados, e em seguida, foi adicionado 2 mL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 4%.

Em seguida foi realizada a agitação do tubo em agitador do tipo vórtex (MA – 162/1, Marconi) e permanência dos tubos no escuro por duas horas. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 740 nm (Cary 60 – Agilent Technologies), utilizando como branco uma amostra contendo todos os reagentes, exceto o extrato.

A curva padrão foi realizada utilizando o ácido gálico em 9 concentrações diferentes, em triplicata, sendo elas: 0, 5, 10, 20, 40, 50, 60, 80 e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Os resultados foram calculados de acordo com a equação da curva padrão ($R^2 = 0.9868$) – Equação 4.

$$y = 77.857x - 1.7696 \quad \text{Equação 4}$$

Os resultados foram calculados de acordo com a diluição e expressos em ácido gálico mg 100 g⁻¹ polpa.

4.5.4.7. Determinação de Antocianinas

Para determinar o teor de antocianinas, foi feita a extração da polpa homogeneizada com etanol 80%. Para a extração, foram pesados 5 g de polpa e adicionados a 40 mL de etanol 80% em erlenmeyer, que foram agitados em mesa agitadora por 40 minutos. Em seguida, o extrato foi filtrado e acondicionado em tubos *falcon*, que foram armazenados em freezer, ao abrigo de luz, para posterior análise.

Para a determinação do teor de antocianinas foi utilizado o método da diferença de pH (Giusti e Wrolstad, 2001), com adaptações para o morango. Neste método são dissolvidos os extratos em dois sistemas tampão, o cloreto de potássio pH 1,0 (0,025 M) e o acetato de sódio pH 4,5 (0,4 M). Foi pipetada uma quantidade de 0,3 mL do extrato pré-estabelecido com álcool e adicionado 2,7 mL das soluções tampão, separadamente. As amostras foram analisadas a 510 e 700 nm em espectrofotômetro (Cary 60 – Agilent Technologies).

Para o cálculo de absorbância (ΔA) entre os sistemas tampão foi calculada por meio da Equação 5 proposta por Giusti e Wrolstad (2001):

$$\Delta A (A_{\lambda} - A_{700 \text{ nm}}) \text{ pH } 1,0 - (A_{\lambda} - A_{700 \text{ nm}}) \text{ pH } 4,5 \quad \text{Equação 5}$$

A concentração de pigmentos antociânicos foi determinada com base no volume de extrato e na massa da amostra, segundo a Equação 6:

$$At = (\Delta A \times PM \times f \times 100) / \epsilon \times 1 \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

At = antocianinas, mg de pelargonidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ de massa fresca;

ΔA = diferença de absorbância ($A_{\text{pH } 1,0} - A_{\text{pH } 4,5}$);

PM = peso molecular da pelargonidina-3-glicosídeo (433,3);

f = fator de diluição;

ϵ = coeficiente de absorvidade molar (27300).

Os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo/100 g amostra.

4.5.4.8. Determinação de Ácido Ascórbico (Vitamina C)

A concentração de Ácido Ascórbico das amostras foi determinada por meio do método titulométrico padrão da AOAC (1984), modificado por Benassi e Antunes (1988), no qual, 5 g de amostra foram adicionadas a 50 mL de ácido oxálico 1%. Esta solução foi filtrada em papel filtro, com adição de mais 10 mL de ácido oxálico 1% ao resíduo do filtro.

O extrato manteve-se no escuro por 15 minutos e, posteriormente, foi transferida uma quantidade de 10 mL para um Erlenmeyer para realização da titulação com DCFI 0,02% (2,6, diclorofenol-indofenol) até o ponto de viragem da cor para vermelho tijolo. O teor de vitamina C foi calculado com base nos valores da solução padrão de ácido ascórbico ($0,2 \text{ mg mL}^{-1}$), e seus resultados expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} .

4.5.4.9. Determinação da Umidade

O teor de umidade foi determinado por diferença de massa, em amostras de aproximadamente 5 g de fruto, acondicionadas em cadinhos de porcelana, devidamente identificados, submetidos à secagem em estufa de circulação de ar forçado a $105 \text{ }^\circ\text{C}$, até peso constante e expresso em porcentagem (IAL, 2005). A pesagem da amostra foi realizada somente após resfriá-la completamente no dessecador.

4.5.4.10. Determinação da firmeza de polpa

A firmeza de polpa foi determinada com uso de penetrômetro manual com ponteira de 7,9 mm, perfurando-se cada fruto em dois lados e em posições distintas, de forma que os furos não coincidissem. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

4.6. Análises Estatísticas

Os dados obtidos para todas as características foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, comprovando a distribuição de probabilidade associada ao conjunto de dados. Também foi verificada a homogeneidade dos dados, sendo observada sua homocedasticidade por meio do teste de Hartley.

Posteriormente foi realizada a análise de variância, utilizando o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010) e as características que apresentaram médias com diferença significativa foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Resultados de Produção

O resumo da análise de variância relacionada aos dados de número total de frutos, produção de frutos comerciais e não comerciais, e produção total de frutos por planta do ano de 2016 encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os dados de número total de frutos, produção comercial e não comercial de plantas e produção total, obtidos em cultivares de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

	QM				
	GL	Produção total			
FV		NFTP ⁻¹	PFCP ⁻¹	PFNCP ⁻¹	PTFP ⁻¹
Bloco	3	7,16ns	3496,89ns	52,98ns	4232,81ns
Cultivar	6	23,99**	80112,82**	251,98*	77034,21**
Inoculação	1	1,004ns	89301,65**	186,65ns	81323,097**
Cultivar*Inoculação	6	15,41**	38477,78**	105,62ns	38583,81**
Erro	39	4,42525	3561,92291	97,91086	3820,61761
CV (%)		3,11	6,1	12,21	5,84

QM: quadrado médio; GL: graus de liberdade; FV: fonte de variação; NFTP⁻¹: número total de frutos por planta; PFCP⁻¹: produção de frutos comerciais por planta; PFNCP⁻¹: produção de frutos não comerciais por planta; PTFP⁻¹: produção total de frutos por planta; CV= coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F.

Conforme a análise de variância da Tabela 3, nota-se que para o número de frutos, produção comercial e produção total houve diferença significativa para a interação (cultivar*inoculação), no entanto para a produção não comercial de plantas não houve diferença significativa para a interação, havendo diferença apenas para o fator isolado cultivar.

Os resultados referentes a característica número total de frutos, não foram significativa para o fator inoculação, mas houve significância para a interação entre cultivar e inoculação a 99% de probabilidade. Para o componente de produção de frutos comerciais houve significância tanto para os fatores isolados como para a interação, no caso da produção de frutos não comerciais não houve significância para os fatores isolados e também na interação. No caso da produção total de frutos houve significância para todos os fatores, tanto isolados como para a interação.

Para os dados de número de frutos comerciais e não comerciais, massa média de frutos comerciais e não comerciais relacionados ao ano de 2016, o resumo da análise de variância encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os dados de número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, massa média de frutos comerciais e massa média de frutos não comerciais, obtidos em cultivares de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

	GL	QM			
		Produção total			
FV		NFCP ⁻¹	NFNCP ⁻¹	MMFCP ⁻¹	MMFNCP ⁻¹
Bloco	3	2,47 ns	2,47 ns	0,42 ns	0,11 ns
Cultivar	6	31,28 **	2,80 ns	24,05 **	0,73 ns
Inoculação	1	0,22 ns	0,0027 ns	28,97 **	1,05 ns
Cultivar*Inoculação	6	7,72 *	4,83 *	12,32 **	0,87 ns
Erro	39	2,93	1,96	0,71	0,48
CV (%)		3,05	12,06	4,84	9,92

QM: quadrado médio; GL: graus de liberdade; FV: fonte de variação; NFCP⁻¹: número de frutos comerciais por planta; NFNCP⁻¹: número de frutos não comerciais por planta; MMFCP⁻¹: massa média de frutos comerciais por planta (g planta⁻¹); MMFNCP⁻¹: massa média de frutos não comerciais por planta (g planta⁻¹); CV= coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F.

Conforme os dados da análise de variância para número de frutos comerciais e não comerciais, massa média de frutos comerciais e não comerciais, pode-se notar que para a correlação de dados (cultivar * inoculação) houve diferença para as características NFCP⁻¹, NFNCP⁻¹ e MMFCP⁻¹, não havendo significância para para a característica MMFNCP⁻¹.

Para o fator isolado inoculação não houve diferença para NFCP⁻¹ e NFNCP⁻¹, porém quando se avaliou a interação desses dados eles tiveram significância com 95% de probabilidade. A análise de variância para MMFCP⁻¹ teve 99% de significância para o fator inoculação e não houve diferença significativa para esse fator quanto a MMFNCP⁻¹.

Na Tabela 5 estão dispostas as médias para os as características número total de frutos, produção de frutos comerciais e não comerciais, e produção total de frutos para o ano de 2016.

Tabela 5. Número total de frutos, produção comercial e não comercial e produção total cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Produção total								
Cultivares	NFTP ⁻¹		PFCP ⁻¹		PFNCP ⁻¹		PTFP ⁻¹	
	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inc.	s/inoc.
	Tratamentos							
Camarosa	69,44 aB	73,41 aA	1080,09 aA	1007,57 bA	87,90 aA	81,39 aA	1167,99 aA	1088,96 bA
Aromas	68,60 aA	65,25 bB	1150,97 aA	1176,93 aA	79,87 aA	77,60 aA	1230,84 aA	1254,56 aA
Camino	67,62 aA	66,03 bA	1051,53 abA	962,81 bB	70,29 aA	69,71 aA	1121,81 abA	1032,51 bB
Monterey	68,84 aA	67,03 bA	947,26 bcA	883,93 bA	82,42 aA	87,84 aA	1029,68 bcA	971,77 bA
Portola	66,00 aA	66,87 bA	909,13 cA	927,06 bA	71,67 aA	86,80 aA	980,80 cA	1013,85 bA
San Andreas	66,00 aB	69,53 abA	904,27 cA	902,64 bA	71,67 aA	89,37 aA	985,73 cA	992,011 bA
Albion	66,43 aA	66,78 bA	1081,04 aA	704,29 cB	80,94 aA	87,37 aA	1161,98 abA	791,65 cB
Média	67,12 A	67,41 A	1017,74 A	937,89 B	77,83 B	82,86 A	1096,97 A	1020,75 B
CV (%)	3,11		6,1		12,21		5,84	

NFTP⁻¹: número total de frutos por planta; PFCP⁻¹: produção de frutos comerciais por planta (g planta⁻¹); PFNCP⁻¹: produção de frutos não comerciais por planta (g planta⁻¹); PTFP⁻¹: produção total de frutos por planta (g); c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=4). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

A Tabela 6 apresenta as médias das cultivares relacionadas ao número de frutos comerciais e não comerciais, massa média de frutos comerciais e não comerciais coletados no ano de 2016.

Na média geral de NFTP⁻¹ não houve diferença significativa quando comparado cultivo com e sem inoculante micorrízico. No cultivo com o fungo micorrízico não foi detectada diferença entre as cultivares para essa característica, porém houve interação significativa quando se comparou o cultivo com e sem inoculante, para as cultivares Camarosa, Aromas San Andreas, verificando-se maior número de frutos quando cultivadas sem inoculação para Camarosa e San Andreas e com uso de FMAs para Aromas.

Quando se comparou as cultivares dentro do tratamento com inoculação pode-se observar que para NFTP⁻¹ não houve diferença significativa entre elas. Sem uso de FMAs houve destaque para Camarosa e San Andreas, que diferiram das demais com maior número de frutos por planta.

Tabela 6. Número de frutos comerciais e não comerciais, massa média frutos comerciais e não comerciais cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	NFCP ⁻¹		NFNCP ⁻¹		MMFCP ⁻¹		MMFNCP ⁻¹	
	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.
	Tratamentos							
Camarosa	58,72 aB	62,15 aA	11,62 aA	11,25 aA	18,36 bcA	16,21 bB	7,55 aA	7,25 aA
Aromas	55,97 abA	54,50 bA	12,72 aA	10,75 aA	20,58 aA	21,59 aA	6,33 aA	7,25 aA
Camino	56,81 abA	55,69 bA	10,81 aA	10,34 aA	18,50 bcA	17,28 bA	6,53 aA	6,72 aA
Monterey	55,44 abA	55,34 bA	13,40 aA	11,69 aA	17,08 cdA	15,97 bA	6,17 aB	7,54 aA
Portola	55,37 abA	54,50 bA	10,62 aA	12,37 aA	16,39 dA	17,01 bA	6,72 aA	7,03 aA
San Andreas	54,94 bA	57,28 bA	11,06 aA	12,25 aA	16,45 dA	15,74 bA	7,44 aA	7,37 aA
Albion	55,34 abA	54,00 bA	11,09 aA	12,78 aA	19,53 abA	13,04 cB	7,32 aA	6,84 aA
Média	56,08 A	56,21 A	11,62 A	11,63 A	18,13 A	16,69 B	6,87 A	7,14 A
CV (%)	3,05		12,06		4,84		9,92	

NFCP⁻¹: número de frutos comerciais por planta; NFNCP⁻¹: número de frutos não comerciais por planta; MMFCP⁻¹: massa média de frutos comerciais por planta (g planta⁻¹); MMFNCP⁻¹: massa média de frutos não comerciais por planta (g planta⁻¹); c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV= coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=4). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Para a característica de PFCP⁻¹ houve diferença significativa na comparação com e sem inoculação, com destaque para as cultivares inoculadas, com diferenças entre as cultivares Camino Real e Albion, que apresentaram uma produção comercial bem superior quando inoculadas em relação às médias não inoculadas. Dentro do tratamento com inoculação as cultivares com maiores médias, diferindas demais para PFCP⁻¹ foram Camarosa, Aromas, Camino e Albion. Nas cultivares não inoculadas a maior média para PFCP⁻¹ foi a da cultivar Aromas. Quando se avaliou PFNCP⁻¹ não houve efeito dos fatores.

Na característica de PTFP⁻¹ houve significância do efeito dos fatores, com média geral maior com uso de FMAs e destaque para as cultivares inoculadas Camino Real e Albion. Quando se avaliou as cultivares em cada tratamento verificou-se que com o uso de inoculação houve maiores médias nas cultivares Camarosa e Aromas para PTFP⁻¹ e sem inoculação a maior média foi da cultivar Aromas.

Quando se avaliou o NFCP⁻¹ verificou-se que não houve diferença significativa na média geral com e sem o uso de inoculante micorrízico, porém a cultivar Camarosa inoculada

apresentou média maior em relação a não inoculada. Quando se avaliou as cultivares isoladas dentro dos tratamentos constatou-se que a maior média independente da inoculação foi da cultivar Camarosa. Para o NFNCP⁻¹ não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem inoculação e também entre as cultivares.

Na avaliação da MMFCP⁻¹, houve diferença significativa entre os tratamentos, com média geral estatisticamente superior para as cultivares inoculadas com os fungos micorrízicos. As cultivares Albion e Camarosa apresentaram médias superiores nos tratamentos inoculados em relação aos não inoculados. Quando avaliou-se as cultivares dentro de cada tratamento verificou-se que a cultivar Aromas apresentou maior média em relação as demais tanto nas plantas inoculadas, assim como nas não inoculadas.

Por meio dos dados de produção obtidos no ano de 2016 pode-se observar a eficiência dos FMAs para essas características, principalmente para as cultivares Camino Real e Albion, que foram as que apresentaram maiores produções com uso de fungos micorrízicos quando comparadas com as plantas sem o uso do inoculante. A cultivar Camarosa também apresentou destaque em relação a massa média comercial quando inoculada quando comparada com o tratamento sem inoculação.

No ano de 2016 não houveram condições estressantes para as plantas, como falta de água, excesso de radiação ou altas temperaturas, entre outras condições. Pelo contrário, foi um ano com temperaturas amenas, chuvas sazonais, umidade relativa adequada, fazendo com que o metabolismo secundário dessas plantas trabalhasse de forma adequada, não tendo necessidade de buscar outras alternativas para o crescimento e desenvolvimento desses vegetais. Desta forma, a atuação das micorrizas não foi tão evidente quanto se esperava para os dados de produção, pois esses micro-organismos tem uma atuação mais expressiva em situações de estresse para a planta.

O trabalho conduzido por Bona et al. (2014) demonstrou que plantas de morangueiro inoculadas com FMAs apresentaram incremento na produção quando comparadas as não inoculadas, também maior apresentaram maior tamanho de frutos quando comparadas com aquelas sem uso de inoculante. Esse trabalho corrobora com a presente pesquisa, pois quando se avaliou a produção final, também foi observado aumento da produção para os tratamentos com inoculação com fungos micorrízicos.

Castellanos-Morales et al. (2010) avaliaram a produção e o tamanho de frutos de morango com uso de diferentes concentrações de nitrogênio e inoculação do FMA *Rhizophagus*

intraradices, e observaram que o uso desse fungo não afetou a produção e o tamanho de frutos de morango. O presente trabalho difere dos resultados desses autores, pois pode-se observar aumento na produção quando se utilizou os tratamentos com FMAs.

Em estudos feitos por Nzanza et al. (2012), frutos de tomateiros inoculados com micorrizas apresentaram maior massa de frutos que os produzidos por plantas não inoculadas. Kapulnik et al. (2010) também verificaram que frutos produzidos por plantas oleaginosas colonizadas por *Rhizophagus intraradices* (sozinho ou em combinação com *Funneliformis mosseae*) eram maiores e continham mais óleo do que os produzidos por plantas controle.

Wang et al. (2008) avaliaram frutos de pepino e observaram que a massa de frutos foi maior quando havia inoculação com *F. mosseae* ou *Glomus versiforme* (1,4 e 1,3 respectivamente). Todos esses trabalhos corroboram com essa pesquisa, onde houve incremento na produção final para frutos de hortaliças inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.

O resumo da análise de variância relacionada aos dados de número total de frutos, produção de frutos comerciais e não comerciais e produção total de frutos do ano de 2017 encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para os dados de número total de frutos, produção comercial e não comercial de plantas e produção total, obtidos em cultivares de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

FV	GL	QM			
		NTFP ⁻¹	PFCP ⁻¹	PFNCP ⁻¹	PFTP ⁻¹
Bloco	5	3,80 ns	815,33 *	21,62 ns	996,93 *
Cultivar	3	332,47 **	274076,39 **	486,78 **	296409,57 **
Inoculação	1	198,08 **	379740,00 **	3194,96 **	452598,63 **
Cultivar*Inoculação	3	1,58 ns	3923,51 **	83,73 **	4432,28 **
Erro	35	0,93	317,83	30,45	335,08
CV (%)		1,6	2,18	7,61	2,06

QM: quadrado médio; GL: graus de liberdade; FV: fonte de variação; NTFP⁻¹: número total de frutos por planta; PFCP⁻¹: produção de frutos comerciais por planta; PFNCP⁻¹: produção de frutos não comerciais por planta; PFTP⁻¹: produção total de frutos por planta; CV= coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% pelo teste F.

De acordo com a análise de variância da Tabela 7, observa-se que para a PFCP⁻¹, PFNCP⁻¹ e PFTP⁻¹ houve significância para a interação cultivar * inoculação a 99% de

probabilidade. Na avaliação do NFTP⁻¹ observa-se que não foi significativa pelo teste de f para a interação, havendo diferença, porém, para o fator isolado inoculação.

Conforme a análise de variância, quando se verificou o fator isolado inoculação notou-se que para todas as características avaliadas (NFTP⁻¹, PFCP⁻¹, PFNCP⁻¹ e PFTP⁻¹) houve significância ($\leq 0,01$).

O resumo da análise de variância referente às características número de frutos comerciais e não comerciais, massa média de frutos comerciais e não comerciais do ano de 2017 está alocada na Tabela 8.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para os dados de número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, massa média de frutos comerciais e massa média de frutos não comerciais, obtidos em cultivares de morangueiro cultivadas com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

FV	GL	QM			
		NFCP ⁻¹	NFNCP ⁻¹	MMFCP ⁻¹	MMFNCP ⁻¹
Bloco	5	1,91 *	0,41 ns	0,05 ns	0,04 ns
Cultivar	3	281,77**	3,41 **	29,10 **	1,46 **
Inoculação	1	128,35 **	7,50 **	74,10 **	12,82 **
Cultivar*Inoculação	3	1,92 *	0,36 ns	0,80 **	0,27 *
Erro	35	0,58	0,38	0,03	0,05
CV (%)		1,52	5,93	1,22	3,34

QM: quadrado médio; GL: graus de liberdade; FV: fonte de variação; NFCP⁻¹: número de frutos comerciais por planta; NFNCP⁻¹: número de frutos não comerciais por planta; MMFCP⁻¹: massa média de frutos comerciais por planta; MMFNCP⁻¹: massa média de frutos não comerciais por planta; CV= coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F.

De acordo com as respostas da análise de variância para MMFCP⁻¹ houve diferença significativa para a interação de dados (cultivar * inoculação) a 99% de probabilidade, para os dados relacionados a NFCP⁻¹ e MMFNCP⁻¹ houve diferença significativa para a interação de dados a 95% de probabilidade e para a resposta de NFNCP⁻¹ não houve significância para a interação. Quando se avaliou a inoculação isoladamente houve significância para todas as variáveis avaliadas na Tabela 7 (NFCP⁻¹, NFNCP⁻¹, MMFCP⁻¹, MMFNCP⁻¹).

As médias dos tratamentos com e sem micorrizas das cultivares relacionadas ao número total de frutos, produção de frutos comerciais e não comerciais, e produção total de frutos coletados no ano de 2017 estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9. Número total de frutos, produção comercial e não comercial e produção total cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	NFTP ⁻¹		PFCP ⁻¹		PFNC ⁻¹		PTFP ⁻¹	
	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.
	Tratamentos							
Camarosa	60,86 bA	57,36 bB	723,26 dA	553,36 dB	73,18 aA	60,73 aB	890,94 cA	742,50 cB
Camino	56,30 cA	51,27 cB	817,76 cA	681,76 cB	73,71 aA	60,86 aB	796,97 dA	614,22 dB
Monterey	66,24 aA	62,74 aB	1019,21 bA	795,63 bB	84,02 aA	67,91 aB	1103,24 bA	863,54 bB
Albion	67,11 aA	62,88 aB	1062,62 aA	880,53 aB	91,62 aA	67,77 aB	1154,24 aA	948,30 aB
Média	62,63 A	58,56 B	905,71 A	727,82 B	80,63 A	64,32 B	986,35 A	792,14 B
CV (%)	1,6		2,18		7,61		2,06	

NFTP⁻¹: número total de frutos por planta; PFCP⁻¹: produção de frutos comerciais por planta (g planta⁻¹); PFNCP⁻¹: produção de frutos não comerciais por planta (g planta⁻¹); PTFP⁻¹: produção total de frutos por planta (g); c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV= coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=6). CV = coeficiente de variação. Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Na Tabela 10 estão presentes as médias das cultivares relacionadas ao número de frutos comerciais e não comerciais, massa média de frutos comerciais e não comerciais para o ano de 2017.

Tabela 10. Número de frutos comerciais e não comerciais, massa média frutos comerciais e não comerciais cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	NFCP ⁻¹		NFNCP ⁻¹		MMFCP ⁻¹		MMFNCP ⁻¹	
	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.	c/inoc.	s/inoc.
	Tratamentos							
Camarosa	50,16 bA	47,52 bB	10,24 bA	9,66 aB	16,29 cA	14,34 cB	6,83 bA	6,16 bB
Camino	46,05 cA	41,61 cB	10,63 bA	9,83 aA	15,70 dA	13,29 dB	7,18 bA	6,28 bB
Monterey	55,61 aA	53,58 aB	10,69 bA	10,16 aA	18,32 bA	15,13 bB	7,89 aA	6,67 aB
Albion	55,27 aA	52,30 aB	11,83 aA	10,58 aB	19,22 aA	16,83 aB	7,74 aA	6,40 abB
Media	51,77 A	48,50 B	10,85 A	10,06 B	17,38 A	14,90 B	7,71 A	6,38 B
CV (%)	1,52		5,93		1,22		3,34	

NFCP⁻¹: número de frutos comerciais por planta; NFNCP⁻¹: número de frutos não comerciais por planta; MMFCP⁻¹: massa média de frutos comerciais por planta (g planta⁻¹); MMFNCP⁻¹: massa média de frutos não comerciais por planta (g planta⁻¹); c/ inoc: com inoculante; s/ inoculante: sem inoculante; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=6). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Para a variável NFTP⁻¹ houve diferença significativa entre os tratamentos quando se comparou o cultivo com e sem o uso de inoculante micorrízico, com uma média superior com o uso do fungo. No tratamento com uso de inoculante observou-se um maior número de frutos na cultivar Monterey em comparação com as demais. Para as cultivares sem o uso de inoculante as que apresentaram valor estatisticamente superior as demais para a característica NFTP⁻¹ foram Monterey e Albion.

Na avaliação do fator PFCP⁻¹ houve diferença significativa entre os tratamentos, com média geral superior para os tratamentos com FMAs, onde todas as cultivares apresentaram maior média nos tratamentos inoculados em relação aos não inoculados. Quando se avaliou as cultivares de cada tratamento separadamente notou-se que em ambos a cultivar Albion se destacou das demais para a característica PFCP⁻¹.

Para a característica de PFNCP⁻¹ houve diferença significativa entre os tratamentos, com média geral superior para as plantas tratadas com fungos micorrízicos em relação as não tratadas. Na avaliação isolada de cada tratamento em relação às cultivares observou-se que não houve diferença entre as médias para as plantas inoculadas e não inoculadas.

Na variável PTFP⁻¹ verificou-se diferença significativa entre os tratamentos, com média geral superior para as plantas inoculadas em relação as não inoculadas. Quando se avaliou as cultivares em cada tratamento observou-se que com uso de FMAs a maior média foi da cultivar Albion e sem o uso do fungo essa cultivar também foi superior às demais.

Quanto ao NFCP⁻¹ verificou-se diferença significativa entre os tratamentos, com média superior para as cultivares com inoculação em relação às não inoculadas. Nos tratamentos isolados observou-se que as cultivares Albion e Monterey foram superiores as demais tanto nas plantas inoculadas como também nas não inoculadas.

Em relação ao NFNCP⁻¹ houve significância entre os tratamentos, com maior média para os tratamentos com uso de fungos micorrízicos. Quando se avaliou as cultivares isoladamente verificou-se que com uso de inoculante a cultivar Albion teve média superior às demais cultivares e no tratamento sem uso de FMAs não houve diferença significativa entre as cultivares.

Em relação a MMFCP⁻¹ verificou-se significância entre os tratamentos, com maior média para as plantas tratadas com a mistura de FMAs. Na avaliação isolada das cultivares em cada tratamento notou-se que as maiores médias foram da cultivar Albion em ambos os tratamentos.

Para MMFNCP⁻¹ houve diferença entre os tratamentos, com média superior para o tratamento com uso de inoculante micorrízico. Avaliando as cultivares isoladamente verificou-se que com uso do fungo as cultivares com maiores médias foram Monterey e Albion e sem seu uso a maior média foi da cultivar Monterey.

Diferente dos resultados do ano de 2016, onde apenas algumas cultivares apresentaram incremento na produção com uso dos FMAs, no ano de 2017, as médias das plantas inoculadas com os fungos micorrízicos de todas as cultivares avaliadas foram superiores para todas as características de produção analisadas, demonstrando a efetividade desses micro-organismos para características de produção na cultura do morangueiro.

Em 2017, as condições edafo-climáticas foram bem diferentes do ano de 2016, houve um grande período sem chuvas, isso pode ter estimulado o metabolismo secundário da planta a buscar novas alternativas para estimular o seu crescimento e desenvolvimento. A nutrição por meio dos FMAs pode ter atuado nesse sentido, pois esses micro-organismos rizosféricos tem sua atuação potencializada em situações de estresse ambiental.

Cecatto (2014) em ensaio com uso de fungos micorrízicos arbusculares observou que a cultivar Albion apresentou dependência micorrízica e respondeu positivamente ao uso do inóculo, principalmente produção total de frutos comerciais. O resultado desse estudo corroborou com os dados desta pesquisa, onde com o uso de fungos micorrízicos houve um incremento de 18% na produção total de frutos comerciais em relação ao tratamento sem a inoculação.

Conforme Garland et al. (2011) e Cekic e Yilmaz (2011) em ensaios sobre a influência de fungos micorrízicos em dados produtivos na cultura do morangueiro observaram que o uso de inoculantes comerciais e de fungos nativos não influenciou significativamente em maior rendimento ou incremento de produção. Esses resultados diferiram deste experimento, onde para todos os fatores de produção houve diferença significativa com a inoculação de uma mistura de FMAs sendo superior aos tratamentos sem o uso desses fungos.

Martínez (2012), em sua pesquisa avaliando qualidade e rendimento de morangueiro inoculados com o fungo micorrízico arbusculare *Rhizophagus clarus* com as cultivares Albion e Jacona observou um incremento na cultivar Albion de 28,75% em rendimento em relação ao controle e a cultivar Jacona apresentou maior peso médio quando houve associação esse fungo micorrízico.

Os dados dessa pesquisa corroboram com o deste experimento, onde para todas as cultivares houve incremento na produção pela inoculação micorrízica, sendo que para a cultivar Albion houve um incremento na produção total de 17,85% com o uso de fungos micorrízicos em relação as plantas não inoculadas.

Os resultados de produção foram positivos para os tratamentos com uso de FMAs nos dois anos de avaliação, porém houve destaque no ano de 2017, onde todas as cultivares responderam positivamente ao uso do inoculante para todas as características produtivas avaliadas.

Acredita-se que essa resposta foi devido as condições ambientais estressantes que as plantas tiveram nesse ano, estimulando desta forma a atuação dos FMAs. De forma geral, para as características produtivas pode ser observada a atuação positiva dos FMAs na cultura do morangueiro, demonstrando a efetividade desses micro-organismos para o crescimento e desenvolvimento desses vegetais.

5.2 Resultados de área foliar

O resumo da análise de variância relacionada à área foliar no experimento do ano de 2017 se encontra na Tabela 11.

Tabela 11. Análise de variância para área foliar de cultivares de morangueiro com fungos micorrízicos produzidas no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

FV	QM	
	GL	ÁREA (cm ²)
Bloco	5	4631910,06 *
Cultivar	3	9143093,11 **
Inoculação	1	47235131,52 **
Cultivar x Inoculação	3	5603193,32 *
Erro	35	940499,78
CV (%)		39,74

QM: quadrado médio; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV= coeficiente de variação; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

De acordo com os resultados apresentados no resumo da análise de variância para área foliar de cultivares de morangueiro no ano de 2017, verificou-se que houve interação entre as características cultivar*inoculação, com diferença significativa. Para os fatores isolados cultivar e inoculação também notou-se que houve diferença significativa.

Na Tabela 12 estão dispostos os valores médios de área foliar das cultivares de morangueiro cultivadas no ano de 2017 com e sem uso de fungos micorrízicos arbusculares.

Quando se avaliou a área foliar, notou-se que na média geral houve diferença significativa entre os tratamentos, com resultado superior para com uso de inoculação micorrízica em relação ao tratamento sem inoculação. Houve diferença para todas as cultivares, com exceção da Albion.

Tabela 12. Resultados da característica de área foliar das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos produzidas em 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

	ÁREA (cm ²)	
	Com inoculante	Sem inoculante
Camarosa	5230,30 aA	1429,36 aB
Camino Real	4028,33 abA	1946,40 aB
Monterey	2760,51 bcA	1246,89 aB
Albion	1710,02 cA	1162,51 aA
Média	3432,29 A	1448,29 B
CV (%)	39,74	

CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=6). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Na avaliação entre as cultivares no tratamento com inoculante houve destaque para a cultivar Camarosa, que foi superior estatisticamente das demais e a cultivar Albion que teve a menor. Quando se avaliou as cultivares sem uso de inoculante não houve diferença significativa entre elas.

Houve uma diferença consideravelmente alta entre as cultivares com uso do inoculante em comparação com as não inoculadas para a área foliar, havendo um incremento de 380%, 207%, 220% e 68% para as cultivares Camarosa, Camino Real, Monterey e Albion respectivamente. Apesar da maior área foliar com uso de FMAs, na cultivar Albion não houve diferença em relação a mesma cultivar sem uso do inoculante.

Esses resultados, com área foliar superior com uso dos fungos micorrízicos para a maioria das cultivares podem explicar o aumento na produção para as cultivares com uso de FMAs. Com uma maior área foliar, conseqüentemente têm-se uma maior área fotossinteticamente ativa e com isso haverá uma maior captação da luz solar e posteriormente maior eficiência energética (maior síntese de carboidratos), distribuída para o crescimento e desenvolvimento da planta, podendo produzir frutos maiores e mais pesados.

A área foliar é uma característica de grande importância, pois está relacionada com a taxa de fotossíntese realizada pela planta, que resulta na maior ou menor produção de

fotoassimilados que serão, em parte, translocados para os FMAs e para os frutos (CAVALCANTE, et al. 2002). Conforme Silva et al (2004), o aumento da taxa fotossintética de plantas submetidas à inoculação com FMAs está diretamente ligado com o aumento da área foliar, o que proporciona o aumento do crescimento vegetativo e acúmulo de biomassa fresca e seca.

O incremento da área foliar proporcionado pelos FMAs em nosso trabalho, com cultivares de morangueiro, coincide com os resultados observados por Cavalcante et al. (2002), em maracurazeiro amarelo, e Costa et al. (2005) em mangabeira, os quais verificaram que a simbiose planta-FMAs aumentou a área foliar das frutíferas em relação às plantas não infectadas.

Cavalcante (1999) avaliando a área foliar de plantas de maracujazeiro com e sem inoculação micorrízica observaram influência positiva da inoculação de FMAs, com maior área foliar em relação às plantas não inoculadas. Este trabalho corroborou com nossa pesquisa, onde as cultivares de morangueiro inoculadas apresentaram área foliar superior em comparação às não inoculadas, com exceção da cultivar Albion.

Na avaliação de plantas de aceroleira, Costa et al. (2001) verificaram maior incremento de área foliar naquelas cultivadas com uso do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* quando comparadas com as plantas não inoculadas. A pesquisa desenvolvida por esse autor também corroborou com o presente estudo, onde com uso de FMAs promoveu um incremento na área foliar, com exceção da cultivar albion.

No experimento conduzido por Lima et al. (2011), avaliando o crescimento de mudas de mamoeiro inoculadas com FMAs das espécies *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita* e testemunha sem inoculação, observaram que área foliar das mudas micorrizadas foram significativamente maiores, quando comparadas às não inoculadas com FMAs. Isso também foi observado neste trabalho, onde avaliando as cultivares de morangueiro com e sem uso de inoculante micorrízico, onde as plantas micorrizadas apresentaram média superior em comparação com as não micorrizadas.

Conforme os trabalhos desenvolvidos por Silva et al. (2004), Lima (2009) e Nunes et al. (2008), avaliando mudas de maracujazeiro, mamoeiro e pessegueiro “Okinawa”, a simbiose dos fungos micorrízicos com as plantas promoveu acréscimo na massa seca de parte aérea e área foliar em relação ao tratamento sem fungo. Esses resultados foram compatíveis com nosso

trabalho, onde os FMAs promoveram o incremento na área foliar em comparação ao tratamento sem inoculação.

5.3 Resultados de trocas gasosas

Na Tabela 13 estão dispostos os valores do resumo da análise de variância relacionada às características de trocas gasosas do ano de 2017.

Conforme os resultados da análise de variância para os dados de A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) verificou-se que houve interação entre cultivar*inoculação, com diferença significativa a 99% de probabilidade. Para o fator cultivar também foi observada essa significância, porém quando se avaliou o fator isolado inoculação notou-se que não houve efeito significativo.

Tabela 13. Análise de variância para avaliações de trocas gasosas de cultivares de morangueiro com fungos micorrízicos produzidas no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

FV	GL	QM		
		A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	gs ($\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ S}^{-1}$)
Bloco	5	3,84 *	0,049 *	0,40 ns
Cultivar	3	10,60 **	0,091 **	6,44 **
Inoculação	1	0,78 ns	0,0004 ns	0,05 ns
Cultivar*Inoculação	3	18,52 **	0,008 ns	1,09 *
Erro	35	7,84	0,012	0,24
CV (%)		6,99	6,57	5,95

QM: quadrado médio; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; A: rendimento fotossintético; gs: condutância estomática; E: transpiração; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quando se avaliou a análise de variância para a característica de gs ($\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) viu-se que não houve efeito da interação cultivar*inoculação. Isso também pode ser observado no fator inoculação isolado, porém, houve diferença significativa para o fator cultivar de fora isolada.

De acordo com as respostas da análise de variância para o parâmetro E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), notou-se que na interação entre os fatores cultivar*inoculação houve efeito significativo. Para o fator inoculação não foi verificada diferença significativa, no entanto, quando se avaliou as cultivares isoladamente observou-se que houve significância com 99% de probabilidade de acerto.

A Tabela 14 representa os valores médios de trocas gasosas das cultivares de morangueiro cultivadas no ano de 2017 com e sem uso de fungos micorrízicos arbusculares.

Quando se avaliou o rendimento fotossintético ou assimilação líquida de CO₂ (A), verificou-se que não houve diferença significativa na média geral, porém as cultivares Camarosa e Camino Real apresentaram um maior rendimento fotossintético com o uso do inoculante em relação ao não uso, e as cultivares Monterey e Albion apresentaram maior assimilação sem o uso do inoculante em relação às plantas inoculadas.

Tabela 14. Resultados das características de trocas gasosas em cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos produzidas em 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivar	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		gs ($\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	
	com FMAs	Testemunha	com FMAs	Testemunha	com FMAs	Testemunha
Camarosa	6,88 b A	5,42 b B	0,68 ab A	0,60 b A	8,58 a A	7,77 b B
Camino Real	7,13 b A	5,73 b B	0,60 b A	0,60 b A	7,51 b A	7,71 b A
Albion	6,51 a B	7,85 a A	0,65 ab A	0,69 ab A	7,69 b A	8,22 b A
Monterrey	6,99 a B	7,56 a A	0,80 a A	0,81 a A	9,12 a A	9,49 a A
Média	6,88 A	6,64 A	0,68 A	0,68 A	8,23 A	8,29 A
CV (%)	6,99		16,57		5,95	

A: rendimento fotossintético; gs: condutância estomática; E: transpiração; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=6). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No tratamento com uso de FMAs a maior assimilação líquida foi das cultivares Monterey e Albion em relação às demais, isso também foi verificado nas plantas sem o uso da inoculação. Esse fato pode ser devido às plantas das cultivares Monterey e Albion serem dias neutros, ou seja, são insensíveis ao fotoperíodo, e na época da realização das análises, no mês de dezembro, elas estavam em plena produção, enquanto as cultivares Camarosa e Camino Real são de dias curtos, desta forma, essas cultivares estavam em fim de ciclo, não havendo tanta necessidade de realização de fotossíntese para uso na formação do fruto.

Outro resultado interessante para as cultivares Camarosa e Camino Real, é que elas tiveram um maior rendimento fotossintético com a inoculação micorrízica, isso pode justificar a resposta na produção final, pois com maior assimilação líquida, esses resultados podem ser levados para o fruto que conseqüentemente terá uma maior produção. Isso demonstrou a eficiência da inoculação para essas cultivares.

É possível, que as maiores taxas fotossintéticas verificadas nas plantas de morangueiro das cultivares Camarosa e Camino Real inoculadas com FMA estejam relacionadas a uma melhor condição fisiológica proporcionada pela associação simbiótica estabelecida. Porém, os

mecanismos pelos quais a micorrização provoca esses efeitos positivos nas trocas gasosas ainda não são totalmente conhecidos (SHENG et al., 2008).

Nos resultados de condutância estomática (gs), não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém no tratamento com uso de inoculante a cultivar que apresentou maior condutância foi a Monterey e a menor média para essa característica foi apresentada pela cultivar Camino Real. Quando se avaliou o tratamento sem uso de fungos micorrízicos a maior condutância também foi verificada na cultivar Monterey e as cultivares Camarosa e Camino Real representaram a menor condutância, sem diferença significativa entre si.

Para a característica de taxa de transpiração (E), notou-se que não houve diferença significativa na média geral entre os tratamentos com e sem uso do inóculo, porém a cultivar Camarosa teve uma maior transpiração com uso de inoculante quando comparada com a cultivar sem inoculação.

Dentro do tratamento com uso dos fungos, as cultivares que apresentaram maior transpiração foram Monterey e Camarosa e as menores taxas foram representadas pelas cultivares Albion e Camino Real que não apresentaram diferença significativa entre si. Sem uso de FMAs, a cultivar Monterey representou a média com maior taxa de transpiração, as demais cultivares (Albion, Camarosa e Camino Real) tiveram as menores médias, sem diferença significativa entre si.

De acordo com Rosa (2015), avaliando alterações fisiológicas em videiras com uso de fitoproteção de fungos micorrízicos arbusculares, a taxa de assimilação de CO_2 foi maior em videiras inoculadas com *Dentiscutata heterogama*, que também teve maior resultado na condutância estomática e transpiração. Os menores resultados foram encontrados nas plantas sem inoculação. Nessa pesquisa uma maior assimilação foi verificada na cultivar Camarosa e Camino Real, corroborando com a pesquisa deste autor.

O maior rendimento fotossintético e maior transpiração verificadas nas cultivares com inoculação micorrízica, com maior A nas cultivares Camarosa e Camino Real e maior E nas cultivares Camarosa e Monterey, que não diferiram estatisticamente entre si. Essa resposta pode ser resultado da maior nutrição por água e minerais proporcionada pelos fungos micorrízicos.

Esse resultado se justifica pela simbiose obrigatória, que requer da planta a passagem de glicose e frutose às hifas, fazendo com que o custo total em hidratos de carbono chegue até a 20% da produção da fotossíntese (ADOLFSSON et al., 2015; BOLDT et al., 2011). Em consequência disso, a planta aumenta a assimilação de CO_2 para compensar a necessidade dos

hidratos de carbono, podendo assim, garantir a continuidade da simbiose e se beneficiar da melhor nutrição oportunizada pela micorriza (ADOLFSSON et al., 2015).

5.4 Resultados físicos e químicos de pós-colheita

O resumo da análise de variância relacionada às características físico-químicas no experimento do ano de 2016 está apresentada na Tabela 15.

Conforme o resumo do quadro de análise de variância das características de pós-colheita de 2016, constatou-se que houve interação significativa entre as fontes de variação inoculante e cultivar para todas as características avaliadas, demonstrando que os fatores se interagem e que as cultivares respondem de forma diferenciada para as características de qualidade em função do uso ou não de inoculante micorrízico.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para as características físico-químicas em frutos de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

		QM								
FV	GL	Vit. C	AT	pH	SS	SS/AT	Fenólicos	Ant.	Umidade	Firmeza
Cult	6	806,57 **	0,031 **	0,064 **	1,718 **	0,010 **	108,471 **	2,577 **	7,3647 **	15,111 **
Inoc	1	3685,2 **	0,004 **	0,235 **	6,561 **	0,056 **	1029,58 **	0,329 ns	17,667 **	47,765 **
Cult *	6	623,16 **	0,039 **	0,019 **	1,116 **	0,028 **	82,7611 **	4,601 **	29,332 **	10,589 **
Inoc										
Erro	28	6,16	0,0002	0,0020	0,059	0,0004	4,400	0,2305	158,872	1,044
CV (%)		3,88	1,61	1,24	3,47	3,77	1,31	9,03	1,40	9,37

QM: quadrado médio; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; Vit C: vitamina C; AT: acidez titulável; SS: sólidos solúveis; SS/ST: relação sólidos solúveis/acidez titulável (ratio); Fenólicos: compostos fenólicos; Ant: antocianinas; Cult: cultivar; Inoc: inoculação; CV = coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Quando se avaliou os teores de antocianinas, observou-se que houve significância na avaliação do fator cultivar isoladamente e na interação cultivar*inoculação ou não de FMAs, porém não houve diferença significativa para o fator isolado de inoculação.

O resumo da análise de variância relacionada às características físico-químicas no experimento do ano de 2017 está apresentada na Tabela 16.

De acordo com o resumo do quadro de análise de variância do ano de 2017, verifica-se que houve diferença significativa para a interação cultivar*inoculação para as variáveis de

vitamina C, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, SS/AT, fenólicos, antocianinas e firmeza. Não houve interação entre os fatores para a característica de umidade.

Esses resultados demonstram que houve relação entre o uso da inoculação micorrízica em associação com as cultivares, e que as cultivares respondem de maneiras diferentes para as características de qualidade conforme o uso ou não dos fungos micorrízicos.

Tabela 16. Resumo da análise de variância para as características físico-químicas em frutos de morangueiro cultivados com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

		QM								
FV	GL	Vit. C	AT	pH	SS	SS/AT	Fen	Ant.	Umidade	Firmeza
Cult	3	344,9 **	0,06 **	0,03 **	4,9 **	0,1 *	661,04 **	184,56 **	4,5 ns	25,80 **
Inoc	1	5594,9 **	0,004 **	0,06 **	45,9 **	32,2 **	5170,002 **	28,8 *	10,8 ns	7,71 *
Cult *	3	108,5 **	0,09 **	0,02 **	4,81 **	3,81 **	492,2 **	100,2 **	10,0004 ns	5,89 **
Inoc										
Erro	14	6,86	0,002	0,0003	0,037	0,035	239,26	23,22	40,87	0,6997
CV (%)		3,41	0,0001	0,51	2,29	2,36	3,2	10,0	2,28	10,2

QM: quadrado médio; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; Vit C: vitamina C; AT: acidez titulável; SS:sólidos solúveis; SS/AT: relação sólidos solúveis/acidez titulável; Fen: compostos fenólicos; Ant: antocianinas; Cult: cultivar; Inoc: inoculação; CV= coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quando se avaliou os fatores inoculação e cultivar isoladamente observou-se que houve diferença significativa para todas as características avaliadas, exceto umidade, assim como ocorreu na avaliação da interação.

A partir da análise de variância das variáveis de pós-colheita foi montada a tabela com os valores médios para cada característica, de cada cultivar, em função ou não do uso da inoculação.

Os resultados das análises de pós-colheita dos frutos de morangueiro com e sem o uso de FMAs no ano de 2016 estão apresentados na Tabela 17 e os resultados das análises de pós-colheita dos frutos de morangueiro com e sem o uso de FMAs do ano de 2017 se encontram na Tabela 18.

Tabela 17. Resultados das análises físicas e químicas das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	Vitamina C (mg Vit. C 100g ⁻¹)		Acidez Titulável (% ácido cítrico)		pH		Sólidos Solúveis (°Brix)		Ratio (SST/AT)	
	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.
	Tratamentos									
Camarosa	79,76 aB	84,35 bA	0,89 bA	0,91 cA	3,77 aA	3,44 deB	8,90 aA	7,20 aB	9,97 aA	7,90 abB
Aromas	40,80 eB	58,56 dA	0,81 dA	0,80 eA	3,75 aA	3,75 aA	6,47 dA	6,30 bA	8,01 dA	7,83 abA
Camino Real	57,51 dB	75,62 cA	1,08 aA	0,87 dB	3,50 bA	3,47 cdeA	6,40 dB	7,07 aA	5,92 eB	8,13 aA
Monterey	64,70 cB	69,57 cA	0,87 bcA	0,86 dA	3,71 aA	3,52 cdB	7,70 bA	6,30 bB	8,88 bcA	7,34 bcB
Portola	71,30 bA	71,92 cA	0,85 cA	0,74 fB	3,56 bA	3,40 eB	6,93 cdA	6,33 bB	8,12 cdA	8,54 aA
San Andreas	37,81 eB	62,60 dA	0,86 bcB	1,08 aA	3,76 aA	3,57 bcB	7,97 bA	6,33 bB	9,23 abA	5,88 dB
Albion	30,50 fB	90,88 aA	0,79 dB	1,03 bA	3,77 aA	3,63 bB	7,43 bcA	6,73 abB	9,38 abA	6,56 cdB
Média Geral	54,62 B	73,36 A	0,88 A	0,90 A	3,69 A	3,45 B	7,40 A	6,60 B	8,50 A	7,45 B
CV (%)	3,88		1,61		1,24		3,47		3,77	

c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=3). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Tabela 17. Resultados das análises físicas e químicas das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2016 (cont.), Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	Fenólicos (mg ác. gálico 100g ⁻¹)		Antocianinas (mg 100g ⁻¹)		Umidade (%)		Firmeza (N)	
	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.
	Tratamentos							
Camarosa	164,47 bcB	168,01 aA	23,28 abA	18,24 bB	91,69 bA	90,47 aA	14,08 abA	10,83 abB
Aromas	166,78 bA	160,73 bB	28,12 aA	24,02 aB	91,75 bA	90,48 aA	14,43 aA	7,45 cB
Camino Real	164,24 bcA	153,55 cB	20,16 bcB	27,28 aA	86,76 cB	89,33 aA	11,46 bcA	10,39 abA
Monterey	161,75 bcA	153,59 cB	24,84 abA	12,90 cB	88,72 bcA	90,39 aA	8,97 cdA	9,00 bcA
Portola	172,27 aA	152,56 cB	17,52 cB	22,44 abA	95,62 aA	84,83 bB	12,48 abA	11,93 aA
San Andreas	164,56 bcA	150,82 cdB	20,62 bcA	18,86 bA	90,86 bA	91,10 aA	14,07 abA	10,43 abB
Albion	161,12 cA	146,61 dB	16,84 cB	22,74 abA	89,95 bcA	89,70 aA	8,30 dA	8,82 bcA
Média Geral	165,03 A	155,12 B	21,62A	20,92 A	90,76 A	89,47 A	11,97 A	9,83 B
CV (%)	1,31		9,03		1,40		9,37	

c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=3). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Tabela 18. Resultados das análises físicas e químicas das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	Vitamina C (mg Vit. C 100g ⁻¹)		Acidez Titulável (% ácido cítrico)		pH		Sólidos Solúveis (°Brix)		Ratio (SST/AT)	
	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.
	Tratamentos									
Camarosa	53,62 cB	91,82 abA	0,98 bB	1,18 aA	3,67 aA	3,39 dB	9,20 cA	7,70 aB	9,15 bA	6,48 bcB
Camino Real	52,62 cB	88,42 bA	0,98 bA	0,85 cB	3,49 cA	3,50 bA	7,86 dA	6,56 cB	7,99 cA	7,72 aA
Monterey	62,81 bB	90,82 abA	1,33 aA	1,00 bB	3,68 aA	3,65 aA	11,96 aA	6,80bcB	8,95 bA	6,77 bB
Albion	77,59 aB	97,26 aA	1,00 bB	1,17 aA	3,56 bA	3,44 cB	10,23 bA	7,13 bB	10,20 aA	6,07 cB
média geral	61,53 B	92,07 A	1,08 A	1,05 B	3,60 A	3,49 B	9,81 A	7,05 B	9,07 A	6,76 B
CV (%)	3,41		1,08		0,51		2,29		2,36	

c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=3). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Tabela 18. Resultados das análises físicas e químicas das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2017 (cont.), Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	Fenólicos		mg ác. Gálico 100g ⁻¹		Antocianinas (mg 100g ⁻¹)		Umidade (%)		Firmeza (N)	
	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.
	Tratamentos									
Camarosa	172,44 abA	151,96 aB	15,78 bB	21,04 aA	89,28 aA	87,47 aA	11,10 aA	10,98 aA		
Camino	150,71 cA	124,99 bB	17,70 bA	19,96 aA	92,04 aA	88,26 aB	6,26 bB	9,88 abA		
Monterey	163,70 bA	148,27 aB	23,35 aA	9,99 bB	89,42 aA	87,34 aA	6,66 bB	8,46 bA		
Albion	183,64 aA	127,85 bB	8,50 cA	5,58 cB	87,34 aA	89,65 aA	6,48 bA	5,41 cA		
média geral	167,62 A	138,27 B	16,33 A	14,14 B	89,52 A	88,18 A	7,62 B	8,76 A		
CV (%)	3,20		10,00		2,28		10,18			

c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=3). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo Teste de Tukey (p≤0,05).

Para o ano de 2016, as cultivares de morangueiro apresentaram maiores teores de vitamina C quanto cultivadas na ausência dos fungos micorrizicos, exceto a cultivar Portola que não apresentou diferença estatística para a característica, quando submetida a ambos os tratamentos. No cultivo com FMAs, a cultivar Camarosa apresentou a melhor resposta, com teores de $79,76 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ácido ascórbico, diferindo das demais, enquanto que no cultivo sem os fungos a cultivar Albion apresentou o melhor desempenho para a característica, com teor de $90,88 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ácido ascórbico.

Os resultados verificados para o teor de vitamina C na presente pesquisa, no ano de 2016, estão de acordo com o descrito na literatura por Rocha (2008), que afirma que o morango apresenta grande teor de ácido ascórbico, mas dependendo da cultivar, esse teor pode se diferir. São apresentados na literatura dados relativos de Vitamina C, variando de 39 a $89 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa, sendo o valor médio, para morangos, de $60 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de fruta, no presente trabalho os valores variaram entre 30,50 a $90,88 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ácido ascórbico.

Além disso, pode-se observar nesse estudo que para o teor de vitamina C, na maior parte das cultivares os valores sem o uso do inoculante foram mais expressivos, diferindo estatisticamente dos demais, esses resultados corroboram com os expressos por Cecatto (2014), em que o teor de vitamina C em plantas de morangueiro cultivadas na presença de fungos arbusculares micorrizicos foi menor do que na ausência do fungo.

Os teores de ácido ascórbico encontrados por Cecatto (2014) variaram de 44,2 a $67,6 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para os tratamentos inoculados com fungos micorrízicos, sendo semelhantes aos obtidos nesta pesquisa (2016), que variaram entre 30,50 e $79,76 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ no ano de 2016. Esses valores se assemelham também aos encontrados por Flores-Cantillano et al. (2012), em que os teores variaram de $55,56 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ a $53,50 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para as cultivares Camino Real e Camarosa, respectivamente em cultivo sem uso de FMAs.

Assim como no ano de 2016, na safra de 2017 as cultivares utilizadas apresentaram maiores teores de vitamina C na ausência de micorrizas. Com o uso de fungos micorrízicos a cultivar Albion apresentou a maior média em relação às demais, com teor de $77,59 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e as cultivares Camarosa e Camino Real apresentaram as menores médias ($53,62$ e $52,62 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). No cultivo sem o uso do inoculante a maior média foi da cultivar Albion ($97,26 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e a menor média, estatisticamente inferior as demais foi da cultivar Camino Real, com teor de $88,42 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Em nosso estudo, tal como no estudo desenvolvido por Cecatto (2014), a presença dos fungos micorrízicos não aumentou os teores de ácido ascórbico, havendo diferença somente dentre as cultivares e os valores encontrados também foram semelhantes na safra de 2017, variando entre 52,62 mg.100 g⁻¹ a 77,59 mg.100 g⁻¹ e no estudo de Cecatto (2014), os teores variaram entre 30,50 e 79,76 mg.100g⁻¹.

Bona et al. (2015), em ensaio com a cultura de morangueiro conduzido com baixos níveis de nitrogênio e fósforo, utilizando mistura de fungos micorrízicos arbusculares e bactérias promotoras do crescimento de plantas, observaram que tanto para a associação de fungos, quanto para as bactérias promotoras de crescimento, houve aumento do conteúdo de ácido ascórbico quando comparadas com os frutos de plantas não inoculadas. Este trabalho diferiu da presente pesquisa no ano de 2017, onde todas as cultivares sem inoculação tiveram valores de ácido ascórbico estatisticamente superior em relação às plantas inoculadas.

Em contrapartida, Bona et al. (2016), avaliando a concentração de vitamina C em frutos de tomateiro com uso de associação de fungos micorrízicos observaram que os mesmos apresentaram teores de ácido ascórbico inferiores a testemunha (plantas não inoculadas). A pesquisa desse autor corroborou com a presente pesquisa, onde as plantas de morangueiro não inoculadas com fungos micorrízicos apresentaram maiores teores de vitamina C em comparação àquelas plantas tratadas com o inoculante de FMAs.

O ácido ascórbico (AA) possui grande importância para os organismos animais e vegetais e sua biossíntese foi elucidada em 1998, quando Wheeler Jones e Smornoff demonstraram em folhas de *Arabidopsis*, que L-galactose (L-GAL) é um precursor chave desse composto bioativo (SOARES, 2004).

Em seu estudo com diversos vegetais, visando investigar os precursores do ácido ascórbico, Soares et al. (2004), confirmaram que a L-GAL e a L-galactono-1,4-lactona (L-GL) são precursores bastante eficientes do AA, e também que há a síntese de AA a partir de D-manose (D-MAN), L-GAL e D-glicose nos vegetais estudados.

Ainda de acordo com Soares et al. (2004), quanto mais próximo o precursor estiver da etapa final da biossíntese do AA, quanto maior a taxa de conversão de AA. Porém, a fosforilação é um fator limitante ao precursor do ácido ascórbico D-manose, uma vez que tem alta exigência energética, podendo desta forma, a manose ser desviada para outros caminhos.

Essa pode ser uma explicação para a resposta deste estudo, onde nos dois anos de produção, houve maior quantidade de vitamina C sem o uso dos fungos micorrízicos. Os

FMA's podem promover a absorção de nutrientes pouco móveis no solo como fósforo (P) e zinco (Zn), pois as hifas permitem às raízes buscarem superfícies mais profundas do solo e desta forma a absorver esses nutrientes pouco móveis. No entanto, a fosforilação é limitante do precursor do ácido ascórbico, limitando desta forma a quantidade desse composto nas plantas tratadas com FMA's.

Na média geral não houve diferença estatística entre os tratamentos com e sem inoculação de FMA's para acidez titulável, antocianinas e umidade dos frutos no ano de 2016 (Tabela 17). As cultivares Camino Real e Portola, responderam de forma significativa para a acidez titulável, quando comparadas as demais, na presença de FMA's. Ao contrário, as cultivares San Andreas e Albion demonstraram maior acidez titulável quando cultivadas na ausência destes fungos.

Com uso da inoculante, a maior acidez em 2016, foi encontrada na cultivar Camino Real, com 1,08% de ácido cítrico 100g^{-1} polpa e as menores nas cultivares Albion (0,79%) e Aromas (0,81%). Nos tratamentos sem o uso dos fungos apenas as cultivares Camino Real e Monterey não diferiram entre si, com 0,87 e 0,86% de ácido cítrico 100g^{-1} , respectivamente. A cultivar com maior valor foi a San Andreas, com 1,08% de ácido cítrico 100g^{-1} e a com menor a Portola (0,74%).

No ano de 2017, para acidez titulável observou-se que houve diferença entre os tratamentos, com média geral estatisticamente superior para aqueles tratados com micorrizas (Tabela 18). Porém verificou-se que para as cultivares Camarosa e Albion apresentaram maior acidez quando cultivadas na ausência dos fungos micorrízicos e as cultivares Camino Real e Monterey apresentaram maior porcentagem de acidez titulável quando estavam na presença destes fungos.

Quando inoculadas, a cultivar com maior acidez foi a Monterey (1,33% de ácido cítrico 100g^{-1} de polpa e as demais (Albion, Camino Real e Camarosa), apresentaram acidez inferior, porém sem diferença entre si (1,00%; 0,98 e 0,98% ácido cítrico 100g^{-1} , respectivamente). Nos tratamentos não inoculados as maiores médias foram de Camarosa e Albion (1,18 e 1,17%) e a cultivar com menor média foi Camino Real, com 0,85% ácido cítrico 100g^{-1} de polpa.

Na média geral, para acidez titulável, houve diferentes resposta para os dois anos de cultivo, pois em 2016 não houve diferença significativa entre os tratamentos, e, em 2017 a maior média foi obtida no tratamento com uso de micorrizas. Essa resposta pode ter ocorrido devido as diferentes condições edafo-climáticas nos dois anos de cultivo.

Em 2016, a quantidade de chuvas durante o cultivo foi considerada adequada para o período, porém em 2017 houve extenso período com escassez de chuva, sendo considerada uma condição de estresse para a planta, podendo ter reduzido a captação energética e inibindo a formação de açúcares, aumentando desta forma a acidez dos frutos.

A acidez titulável está relacionada com a presença de ácidos orgânicos que, de acordo com Wang et al (2009), ajudam a estabilizar a estrutura de outras moléculas como antocianinas e ácido ascórbico. Bona et al. (2014) em seu trabalho com uso de fungos micorrízicos em morangueiro obtiveram valores de acidez titulável que variaram entre 1,10 e 1,20 %, sendo esses teores equivalentes aos encontrados na presente pesquisa na cultivar Camino Real inoculada no ano de 2016, com 1,08% de ácido cítrico 100g^{-1} e a cultivar Monterey inoculada no ano de 2017, com 1,33% de ácido cítrico 100g^{-1} .

Para Figueiredo et al. (2010), a acidez titulável é um importante atributo químico para a definição da finalidade de uso das cultivares de morangueiro, em que o desenvolvimento de cultivares de dupla aptidão é dificultado pelas exigências para o uso industrial e *in natura* serem opostas, ou seja, maior acidez para uso na indústria e menor para o consumo *in natura*.

Com base no especificado por Figueiredo et al. (2010), valores de acidez acima de 1% são indicados para o processamento e valores de acidez menores que 1% para o consumo *in natura*. Conforme as especificações deste autor, os morangos cultivados no ano de 2016, da cultivar Camino Real, com inoculante micorrízico, seriam mais indicados para uso industrial, devido a maior acidez titulável, as demais cultivares para o consumo *in natura*, tendo em vista os baixos valores para essa característica. De acordo com essa especificação, no ano de 2017, as cultivares inoculadas Monterey e Albion são indicadas para uso na indústria e Camino Real e Camarosa para consumo *in natura*.

Viu-se um comportamento contrário para as cultivares Albion, Camino Real e Monterey, nos dois anos de produção, pois em 2016, a cultivar Albion teve baixo teor de acidez titulável, sendo indicada para o consumo *in natura*, e em 2017 teve teor acima de 1%, sendo mais indicada para uso industrial.

A cultivar Camino Real apresentou alto teor de acidez titulável quando cultivada no primeiro ano, sendo indicada para uso industrial, porém em 2017, teve baixo teor de acidez, sendo indicada para o consumo *in natura*, e a cultivar Monterey teve baixo teor em 2016 (*in natura*) e alto teor em 2017 (indústria). Essas respostas podem estar ligadas as diferentes condições edafo-climáticas nos dois anos de produção.

Na pesquisa desenvolvida por Cecatto (2014) na avaliação de uso de fungos micorrízicos para as cultivares Albion e Aromas, não se observou interação entre a presença e ausência de fungos para a porcentagem de ácido cítrico, mostrando, desta forma que não houve diferença entre os tratamentos com e sem uso de fungos.

Esses resultados diferem do presente trabalho, onde, no ano de 2016, as cultivares Camino Real e Portola apresentaram acidez superior quando inoculadas, e, as cultivares San Andreas e Albion, menor acidez com uso do inoculante em relação às cultivares inoculadas. Em 2017, todas as cultivares diferiram com e sem a presença dos fungos, duas (Camino Real e Monterey) apresentaram valores de acidez superior quando inoculadas em relação às não inoculadas e duas (Camarosa e Albion) apresentaram maior acidez sem a presença do fungo.

A maior acidez observada é resultado do nível de produção de diferentes ácidos orgânicos, onde a melhor nutrição e mudança fisiológica promovida pela micorriza pode mudar isso, trazendo uma maior quantidade produzida no teor desses ácidos, o que pode ser observado nas cultivares que apresentaram maior acidez no tratamento com uso do inoculante.

Nos dois anos de cultivo, os resultados referentes a pH demonstraram menor acidez quando na presença de fungos micorrízicos, com valores mais altos e maior acidez no tratamento sem FMAs, com valores mais baixos.

O pH do fruto é uma característica que apresenta certa relatividade quando se trata do consumo da polpa. Para consumo *in natura*, menor acidez torna o fruto com melhor paladar, para processamento valores mais ácidos de pH reduzem o custo benefício, principalmente na esterilização final do produto processado (Chitarra e Chitarra, 2005). De acordo com Passos (1982) e Chitarra e Chitarra (2005), os morangos que apresentam pH mais ácido, $\leq 3,5$ são apropriados para o uso industrial e aqueles com valor $\geq 3,5$ indicados para o consumo *in natura*.

No ano de 2016, as cultivares Camino Real e Portola apresentaram valores mais baixos de pH quando comparadas as demais, no cultivo com os FMAs. Na ausência dos fungos, valores mais proeminentes de acidez foram vislumbrados nas cultivares Camarosa, Camino Real e Portola. Nesse sentido, pode-se considerar essas cultivares aptas ao processamento.

Ainda em 2016, as cultivares Camarosa, Aromas, Monterey, San Andreas e Albion apresentaram os maiores valores de pH nos frutos, quando cultivadas com o uso de fungos micorrízicos, em que Camarosa e Albion apresentaram média de 3,77. Já para

os tratamentos sem fungos houve uma maior variação entre os valores de pH dos frutos, com ênfase para a cultivar Aromas que obteve a maior média entre esses tratamentos (3,75).

Quando se comparou todos os tratamentos entre si, pode-se observar que aqueles com pH menos ácido foram obtidos em frutos provenientes do cultivo com o uso dos fungos micorrízicos. Observando a média geral de pH entre o cultivo com e sem o fungo micorrízico, infere-se que frutos menos ácidos são produzidos com a presença dos fungos arbusculares e, frutos mais ácidos na ausência destes.

Sendo assim, no ano de 2016, as cultivares avaliadas com inoculante, seriam mais adequadas ao consumo *in natura*, pois menor valor de pH para os morangos tratados com fungos micorrízicos foi de 3,5 (cultivar Camino Real). Entre as cultivares sem uso de inoculante as que apresentaram valores de pH inferiores a 3,5 foram Camarosa, Camino Real e Portola, podendo estas, de acordo com esses autores serem utilizadas a indústria para diversos fins, como sucos, néctares, geleias, entre outros.

Os resultados obtidos nesse trabalho tiveram valores de pH próximos aos relatados por Guimarães et al. (2014) que foram de 3,42 a 3,81. Conti et al. (2002) e Oliveira et al. (2010), encontraram valores de pH para morango *in natura* variando entre 3,42 e 3,84, respectivamente, corroborando com os valores encontrados nessa pesquisa nos dois anos de cultivo. De acordo com Guimarães et al. (2013) diferenças de pH podem ser atribuídas a diversos fatores, entre eles a variação de cultivar, solo e clima.

No cultivo de 2017, quando se comparou as cultivares com e sem uso de inoculação, verificou-se que as cultivares Albion e Camarosa, diferiram estatisticamente entre os tratamentos, com maior acidez com uso do inoculante. Dentro do tratamento com micorrizas, as maiores médias foram das cultivares Camarosa e Monterey, as quais não diferiram entre si, e a menor média foi para a cultivar Camino Real. Sem o uso da inoculação a maior média foi da cultivar Monterey e a menor da cultivar Camarosa.

Conforme essas especificações, os morangos da safra de 2017, para a característica de acidez titulável, com uso de fungos micorrizicos seriam mais indicadas para o consumo *in natura*, pois apenas a cultivar Camino Real teve valor inferior a 3,5 com uso de micorrizas. As cultivares sem uso de micorrizas seriam mais indicadas para o uso industrial pois apenas a cultivar Monterey apresentou pH superior a 3,5.

Considerando a média geral dos tratamentos com e sem inoculação no cultivo de morangueiro para teores de sólidos solúveis nos frutos, no ano de 2016, observou-se que frutos oriundos de cultivares tratadas com o fungo arbuscular micorrizico apresentaram

polpas com valores mais elevados de °Brix, diferindo estatisticamente dos frutos oriundo do cultivo sem o inóculo.

O teor de sólidos solúveis (SS) mais expressivo em 2016 foi obtido em frutos da cultivar Camarosa, que diferiu estatisticamente das demais, quando inoculada. As cultivares Monterrey, San Andreas e Albion, também apresentaram valores aceitáveis de sólidos solúveis quando cultivadas com o fungo micorrízico. Valores de SS acima de 7 °Brix foram obtidos apenas para as cultivares Camarosa e Camino Real na ausência de inoculação.

No primeiro ano, a cultivar que apresentou frutos com maior teor de sólidos solúveis em cultivo inoculado foi a Camarosa, com 8,90 °Brix. Nas análises do tratamento controle (sem FMAs) a cultivar que apresentou melhor média entre os tratamentos também foi a Camarosa, porém esta não diferiu da cultivar Camino Real.

Quando se comparou todos as cultivares entre si, observou-se que as melhores médias para teores de SS foram obtidas nos tratamentos com uso dos fungos micorrízicos arbusculares, com destaque para as cultivares Camarosa, Monterey, Portola, San Andreas e Albion.

Para o conteúdo de sólidos solúveis, no cultivo de 2017, considerando a média geral dos tratamentos inoculados e não inoculados, observou-se que o maior valor de °Brix se encontra nos frutos tratados com FMAs, diferindo-se estatisticamente daqueles sem a presença de inóculo.

Os teores de sólidos solúveis foram superiores em todas as cultivares inoculadas em relação às não inoculadas em 2017. Para o tratamento com FMAs, a maior média foi da cultivar Monterey, com 11,96 °Brix e a menor da cultivar Camino Real (7,86 °Brix), sendo todos os tratamentos acima de 7 °Brix, que são valores aceitáveis para sólidos solúveis. Para as plantas não inoculadas a maior média foi da cultivar Camarosa (7,70 °Brix) e a menor Camino Real (6,56 °Brix), mostrando valores inferiores quando comparados com o uso do fungo.

Conforme Cecatto (2013), Costa (2009) e Mendonça (2011), os teores de sólidos solúveis é um atributo muito importante para a aceitação dos frutos de morangueiros entre os consumidores. Ainda, de acordo com esses autores, há uma variação para esse atributo conforme a cultivar, o que também foi observado neste ensaio, no primeiro ano de cultivo, onde os teores de sólidos solúveis variaram entre 8,90 °Brix e 6,30 °Brix, conforme a cultivar e/ou tratamento e também no ano de 2017, onde com uso de FMAs todas as cultivares diferiram estatisticamente entre si.

De acordo com Kluge et al (2002), os sólidos solúveis são responsáveis por indicar a quantidade de açúcares existente na fruta, sendo característica de interesse para frutos comercializados *in natura*, pois o consumidor prefere frutos doces (CONTI et al., 2002). Desse modo, os frutos analisados nesse estudo, com a inoculação micorrízica seriam mais aceitos no mercado, já que apresentaram níveis de sólidos solúveis superiores a aqueles não inoculados.

Em pesquisas realizadas por Antunes et al. (2014), os menores teores de sólidos solúveis em frutos de morangos foram obtidos na cultivar Portola, em relação às cultivares Camino Real, Polamor, Albion, Monterey e San Andreas, em dois ciclos de produção convencional. No presente trabalho, para ambos os tratamentos, as cultivares Albion, Monterey e San Andreas se destacaram por apresentar maior teor de sólidos solúveis nos frutos, quando comparadas com a cultivar Portola no ano de 2016.

De acordo com Bavaresco e Fogher (1996), em pesquisa com plantas de uva com e sem uso de FMAs, as bagas das uvas produzidas por plantas micorrizadas apresentaram aumento no teor de sólidos solúveis em comparação as plantas onde não houve a micorrização. Esse trabalho corroborou com o presente estudo, onde, no ano de 2016, as cultivares Camarosa, Monterey, Portola, San Andreas e Albion e em 2017, para todas as cultivares avaliadas os teores de sólidos solúveis foram estatisticamente superiores para as plantas inoculadas com fungos micorrízicos em relação às plantas não inoculadas.

No estudo desenvolvido por Nikolaou et al. (2002), com cultivares de uva inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos, foi observado um efeito contrário para os teores de sólidos solúveis totais, que foram menores em frutos de plantas inoculadas com *Funneliformis mosseae* do que naqueles não inoculados. Esses resultados diferiram de nossa pesquisa, onde as cultivares de morangueiro com uso de FMAs apresentaram maiores teores de sólidos solúveis em relação as plantas não inoculadas.

Uma resposta contrária para o teor de sólidos solúveis pode ser explicada por baixas condições de fertilidade e umidade no solo e estresse da planta por fatores ambientais. Em caso de solos secos a planta micorrizada irá absorver mais água e diluir os açúcares.

Em condições de alta disponibilidade de radiação solar, tende-se a ocorrer um maior rendimento fotossintético por parte das plantas bem nutridas e com disponibilidade de água adequada, as micorrizas atuam no aumento da fotossíntese, promovendo consequentemente maiores teores de açúcares, que foi o que ocorreu na presente pesquisa.

A relação entre sólidos solúveis e acidez titulável é um aspecto importante que está diretamente ligado com a propriedade de sabor de frutos, sendo mais significativa que as medidas isoladas dos teores de açúcares ou de acidez. Este atributo representa o balanço entre a doçura e a acidez, característicos do morango (PINTO et al., 2003; RESENDE et al., 2008).

Quando se avaliou a relação SST/AT observou-se que para o ano de 2016 houve diferença significativa na média geral para essa característica, com maior média para o uso do inoculante, com destaque para as cultivares Camarosa, Monterey, San Andreas e Albion e no ano de 2017, destaque para todas as cultivares inoculadas, com maior média em relação ao tratamento sem inoculação, com excessão da cultivar Camino Real.

No tratamento com FMAs, a cultivar que apresentou maior média, em relação às demais foi a Camarosa (2016). Sem o uso do inoculante as maiores média fora, obtidas pelas cultivares Camino Real e Portola e a menor média da cultivar San Andreas. Em 2017, a cultivar Albion apresentou maior média em relação às demais inoculadas e a cultivar Camino Real se destacou das demais sem uso do inoculante.

No trabalho desenvolvido por Cecatto (2014) quando se avaliou as diferenças entre as cultivares inoculadas com FMAs constatou-se que não houve diferença estatística para esse parâmetro. Neste trabalho esse fato não foi observado, houveram diferenças significativas entre as cultivares inoculadas com os fungos micorrízicos ($p \leq 0,05$), com destaque para as cultivares Camarosa, Albion e San Andreas, no ano de 2016.

No ano de 2017, todas as cultivares inoculadas apresentaram valores estatisticamente superiores para essa característica quando comparadas com as cultivares sem o uso de inoculante (excessão da cultivar Camino Real), demonstrando assim, que com uso desses fungos essas cultivares apresentaram sabor mais doce, sendo mais agradável ao paladar do consumidor.

Em um ensaio desenvolvido por Zaicovski (2006) utilizando a cultivar Camarosa cultivada em sistema convencional na relação SS/AT foram encontrados valores entre 8,84 e 13,81. No ensaio desenvolvido nesse trabalho para a cultivar Camarosa houve um resultado médio em relação a esse, de 9,97 quando foi feita a inoculação micorrízica e de 7,90 sem o uso dos fungos, no ano de 2016, e de 9,15 para frutos inoculados e 6,48 sem inoculação, demonstrando desta forma uma superioridade no sabor doce nos morangos inoculados, sendo assim, esses morangos melhores aceitos pelo consumidor final, que valoriza características como sabor e doçura.

Carvalho et al. (2013) encontraram uma relação de SS/AT de 9,53 para a cultivar Camarosa, sendo semelhante ao valor encontrado neste trabalho para o tratamento com uso de FMAs, que teve resultado de SS/AT estatisticamente superior ($p \leq 0,05$) quando comparado ao tratamento testemunha nos dois anos de cultivo.

Valores acima de 8 °Brix são considerados ideais para o SST/AT na cultura do morangueiro. Assim todas as cultivares, nos dois anos de cultivo, exceto a Camino Real apresentaram valores de acima de 8 °Brix, com destaque para Camarosa, San Andreas e Albion no primeiro ano de cultivo, que atingiram valores acima de 9 °Brix na escala, quando cultivadas na presença dos fungos micorrízicos.

Apenas as cultivares Camino Real e Portola atingiram valores acima de 8 °Brix em cultivo sem FMAs no ano de 2016. Em 2017, as cultivares sem uso de inoculante apresentaram todos os seus valores abaixo da faixa ideal. Esses resultados reforçam a ideia de que o uso de fungos micorrízicos arbusculares são benéficos para características de qualidade na cultura do morangueiro.

A média geral dos compostos fenólicos dos frutos de morangueiro foi maior quando as plantas foram cultivadas com os fungos micorrízicos, quando comparada com a média geral dos frutos provenientes do cultivo sem FMAs no ano de 2016. O cultivo do morangueiro na presença dos fungos micorrízicos contribuiu para aumento dos compostos fenólicos na polpa dos frutos, principalmente da cultivar Portola, que diferiu das demais. Na ausência dos FMAs, a cultivar Camarosa sobressaiu em relação as demais.

A cultivar Portola na presença de inoculação produziu frutos com teores de compostos fenólicos equivalentes a 172,26 mg ácido gálico $100g^{-1}$. A cultivar Albion teve a menor média para essa característica (161,11 mg ácido gálico $100g^{-1}$). Nos tratamentos não inoculados houve grande variação entre as cultivares, com os tratamentos diferindo estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). O melhor tratamento foi para frutos da cultivar Camarosa, com média de 168,00 mg ácido gálico $100g^{-1}$. Já a cultivar com menor média para essa característica, assim como nos tratamentos com uso de inoculante micorrízico foi a Albion com média de 146,61 mg ácido gálico $100g^{-1}$.

No ano de 2017, para os teores de compostos fenólicos, a média geral foi maior quando as plantas foram cultivadas com o inoculante em comparação com a média geral dos frutos provenientes do cultivo sem uso de fungos micorrízicos, todas as cultivares com uso da inoculação apresentaram média superior quando comparada com as médias das cultivares sem uso do inoculante.

No tratamento com uso dos fungos a maior média foi da cultivar Albion e a menor média foi da cultivar Camino Real. Para as cultivares sem tratamento micorrízico as maiores médias foram Camarosa e Monterey, que não diferiram estatisticamente entre si. As cultivares com piores desempenhos foram Albion e Camino Real sem diferença significativa entre si.

De acordo com Fernández-Lara et al. (2015), os compostos fenólicos são os principais constituintes bioativos responsáveis pelas propriedades antioxidantes dos morangos. Também são pontualmente responsáveis pelas características organolépticas, como sabor, textura, aroma, cor e aparência.

Desta forma destaca-se a importância dos tratamentos com uso dos fungos micorrízicos avaliados nessa pesquisa, que apresentaram frutos com teores de compostos fenólicos superiores quando comparados a aqueles sem o uso desses fungos, com exceção da cultivar Camarosa no ano de 2016 e compostos fenólicos superiores com uso do inoculante para todas as cultivares no ano de 2017.

A presença dos fungos micorrízicos arbusculares *Funneliformis mosseae* e *Rhizophagus intraradices* aumenta a síntese de fenólicos em outras plantas, como tomateiro (LÓPEZ-RÁEZ et al., 2010), alcachofra (CECCARELLI et al., 2010), trevo (ZHANG et al., 2013) e *Echinacea purpurea* (ARAIM et al., 2009), demonstrando assim, que os estudos com uso de fungos micorrízicos em associação com as raízes das plantas para requisitos de qualidade nutricional tem se mostrado eficientes.

Avio et al. (2017), pesquisando fungos micorrízicos em cultivares de alface e Lingua et al., (2013) em morango, avaliaram o conteúdo de compostos fenólicos nestas culturas, e verificaram que a colonização com FMAs promoveu aumento nos compostos fenólicos da planta, quando comparada com aquelas sem a colonização micorrízica, melhorando assim, a capacidade antioxidante desses vegetais. Esses estudos corroboram com o presente trabalho, onde as cultivares inoculadas com os FMAs apresentaram maior quantidade de compostos fenólicos quando comparadas com as cultivares não inoculadas.

De acordo com Cecatto (2014), a inoculação com FMAs aumentou em 19 e 13% respectivamente, a quantidade de compostos fenólicos das cultivares de morangueiro Albion e Aromas em relação a quantidade da substância nos frutos sem inoculação. No presente estudo também se observou um incremento no conteúdo de compostos fenólicos para essas cultivares, sendo este aumento de 11 e 5% respectivamente no ano de 2016.

Em 2017, houve um incremento de 30%; 17%; 12% e 9% para as cultivares Albion, Camino Real, Camarosa e Monterey, respectivamente, para as plantas

micorrizadas em relação às não inoculadas para os teores de compostos fenólicos, demonstrando assim a efetividade dos fungos micorrízicos para melhoria da qualidade de frutos.

Em pesquisa desenvolvida por Rivera-Chaves et al. (2012), avaliando o efeito dos FMAs sobre a qualidade de frutos de morangueiro, seus resultados mostraram claramente que a inoculação com FMAs promoveu a acumulação de compostos fenólicos em frutos de morango. Nosso trabalho corroborou com este autor, onde as cultivares com a presença de inoculante apresentaram altos teores de compostos fenólicos, sendo estes valores estatisticamente superiores em relação as cultivares não inoculadas.

Araim et al. (2009) observaram incrementos na concentração de compostos fenólicos, tanto nas raízes quanto na parte aérea de plantas de *Echinacea purpurea*, inoculadas com *Rhizophagus intraradices*, sendo de 200 e 67% superior para os teores de compostos fenólicos apresentados nas raízes e na parte aérea, respectivamente, em relação às plantas não inoculadas. Esse estudo corroborou com a presente pesquisa, onde para todas as cultivares inoculadas, com exceção de Camarosa em 2016, os teores de compostos fenólicos foram superiores às não inoculadas.

Para o teor de antocianinas em 2016, nos frutos cultivados com os FMAs, as cultivares Camarosa, Aromas e Monterrey apresentaram os maiores valores. Na ausência desses fungos, Aromas, Camino Real, Portola e Albion se destacaram, com os maiores teores, diferindo das demais. Ainda para a característica antocianinas, com uso de fungos micorrízicos a cultivar Aromas apresentou o maior valor (28,12 mg 100g⁻¹), e a Albion o menor (16,84 mg 100g⁻¹), porém esta não diferiu estatisticamente ($p \leq 0,05$) da cultivar Portola.

No cultivo sem FMAs o maior teor de antocianinas foi obtido nos frutos da cultivar Camino Real (27,28 mg 100g⁻¹), no entanto a mesma não diferiu estatisticamente da cultivar Aromas. A cultivar com menor teor de antocianinas foi a Monterey, (12,90 mg 100g⁻¹) para o mesmo tratamento e a cultivar San Andreas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

Quando se avaliou as antocianinas para os frutos cultivados na safra de 2017, verificou-se que os que foram inoculados com os FMAs tiveram maior média geral em comparação com os não inoculados. Avaliando cada cultivar, somente Camarosa teve média superior sem inoculação.

No tratamento com os FMAs, a maior média foi da cultivar Monterey (23,35 mg 100 g⁻¹) e a média estatisticamente inferior a todas as demais foi da Albion (8,50 mg 100

g⁻¹). Na avaliação dos tratamentos sem uso de inoculante, a maior média foi da cultivar Camarosa (21,04 mg 100 g⁻¹) e a menor foi, assim como para as plantas inoculadas, da cultivar Albion (5,58 mg 100 g⁻¹).

O teor de antocianinas pode ser considerado um critério tanto para escolha de cultivares quanto do sistema de cultivo, por ser considerado um dos compostos bioativos que promove benefícios à saúde (CALVETE et al., 2008). De acordo com Clifford (2000), os valores médios de antocianinas em morangos podem variar entre 15 e 35 mg 100 g⁻¹ de fruta, portanto, os valores encontrados nessa pesquisa estão de acordo com autor, independente do uso ou não de inoculação micorrízica.

Outros estudos, no entanto, como o desenvolvido por Aaby et al. (2012), que avaliaram teores de antocianinas de 27 cultivares, encontraram valores entre 8,5 e 65,9 mg 100g⁻¹. Lal et al. (2013) encontraram em 22 cultivares analisadas, variações entre 28,24 e 43,32 mg 100g⁻¹.

Na pesquisa realizada por Chaves (2014) com as cultivares Camarosa, Camino Real e San Andreas em ambiente protegido no município de Passo Fundo/RS, os teores de antocianinas foram de 24,05; 15,16 e 18,69 mg 100g⁻¹, respectivamente, próximos aos encontrados nessa pesquisa sem o uso de inoculante micorrízico. As cultivares Camino Real e San Andreas apresentaram teores superiores aos acima citados quando inoculadas com os fungos micorrízicos.

Segundo Meyers et al. (2003) e Silva et. al (2007), as variações nos teores de antocianinas estão estreitamente ligadas a condições edafoclimáticas, grau de maturação, sazonalidade, além da cultivar, como evidenciado nesse trabalho. Assim, essas variações podem ser explicadas tendo em vista as variações de clima, solo, cultivar e mesmo manejo pelas quais os ensaios foram submetidos.

Em Minas Gerais, Guimarães et al. (2006) avaliaram o teor de antocianinas em morangos cultivados em sistema orgânico, onde a cultivar ‘Dover’ apresentou a maior concentração de antocianinas. Souza et al. (2006) também trabalhou com cultivares de morangueiro em Minas Gerais, em sistema de produção sem agrotóxicos, encontrando maiores teores de antocianinas para a cultivar ‘Dover’. Desta forma pode-se observar que ocorrem diferenças conforme o ambiente e as cultivares e o sistema de cultivo influência no teor de antocianinas dos frutos de morangueiro.

Baslam e Goicoechea (2012), avaliando a capacidade dos fungos micorrízicos induzirem a acumulação de compostos antioxidantes em folhas de alface, observaram que

o uso de FMAs promoveu o acúmulo de carotenóides, fenólicos e antocianinas, aumentando assim a qualidade nutricional deste vegetal.

Este fato também pode ser observado em nosso trabalho, onde as plantas inoculadas com esses fungos apresentaram maior teor de antocianinas e fenólicos em comparação com os tratamentos sem inoculação, demonstrando assim, a eficiência dos fungos micorrízicos para promover características de qualidade no fruto do morangueiro.

Em 2017 houve maior significância de antocianinas com fungos micorrízicos, porém com valores menores que em 2016, isso pode ser devido às condições edafoclimáticas diferentes nos dois anos de cultivo. O grande período de seca em 2017 pode ter interferido no acúmulo desse composto bioativo, que está ligado também a quantidade de açúcares, que foi superior em 2017 para todas as cultivares.

Na avaliação da umidade não foi observada diferença significativa entre os tratamentos no ano de 2016. Dentro do tratamento com fungos micorrízicos houve destaque para a cultivar Portola e sem inoculação não houve diferença significativa entre as cultivares, com exceção da cultivar Portola, que apresentou média estatisticamente inferior às demais. Em 2017, não houve diferença significativa entre os tratamentos, tanto para o fator inoculação, como para o fator cultivar.

Com relação a umidade, no ano de 2016, na presença de FMAs, a cultivar Portola foi a que apresentou maior quantidade de água na polpa e Camino real a menor, ou seja, maior acúmulo de massa seca no fruto de morango. No cultivo sem FMAs, não houve diferença entre as cultivares de morangueiro para a característica analisada.

A cultivar Portola (2016), com 95,62% de umidade, apresentou maior suculência e frescor nos frutos quando cultivada na presença dos fungos micorrízicos, porém, conseqüentemente apresentou frutos com baixo acúmulo de massa seca, o que é uma característica indesejável para o processamento, por proporcionar menor rendimento de polpa. A cultivar com menor quantidade água no fruto foi a Camino Real, com 86,76%.

Em relação aos tratamentos sem o uso de inoculante micorrízico, a cultivar que obteve a melhor média na variável umidade foi a San Andreas, no ano de 2016, com 91,09%, porém não diferiu estatisticamente das demais, exceto para cultivar Portola, que produziu frutos com baixo teor de água (84,82%).

Na comparação entre os tratamentos (com FMAs e testemunha) se observou que cinco das sete cultivares não diferiram significativamente para esta característica (2016), sendo elas: Camarosa, Aromas, Monterey, San Andreas e Albion. As cultivares Camino Real e Portola tiveram respostas diferentes nessa variável, enquanto a cultivar Portola

teve uma umidade maior no tratamento com a inoculação dos fungos micorrízicos, a cultivar Camino Real teve maior média no tratamento controle, sem a inoculação.

Guimarães (2013) obteve valores médios de umidade para frutos de morangueiro em torno de 89,11% em cultivo convencional. Esse resultado corrobora com os dados do presente estudo, onde a média geral de umidade das cultivares com e sem o uso de fungos micorrízicos no ano de 2016, foi de 90,11% e de 88,85% em 2017.

Ainda, de acordo com Guimarães (2013), as cultivares que apresentaram teores mais elevados de umidade foram Aromas (91,10%), Diamante (91,29%) e Dover (91,36%). No estudo em pauta, a maior umidade foi observada em frutos da cultivar Portola (95,62%), com uso de FMAs em 2016 e na cultivar Camino Real (92,04%) com uso de FMAs no ano de 2017.

Em estudo com diversas cultivares de morangueiro, visando caracterizar compostos bioativos Pinto (2008) encontrou teores de umidade para a cultivar Camarosa de 91,00%, próximos aos encontrados neste trabalho com uso de FMAs (91,69% e 89,28% em 2016 e 2017 respectivamente).

Nas pesquisas apresentadas por Cordenunsi et al. (2002) as cultivares Oso Grande, Dover e Toyonoka apresentara teores de umidade de 90,50%; 93,10% e 89,70%, respectivamente, se assemelhando aos teores de umidade encontrados nas cultivares analisadas neste trabalho, com e sem inoculação de FMAs.

Em outro estudo, o sistema convencional, a variação no teor de umidade conforme o período de colheita para a cultivar Albion variou entre 88,94% e 92,55% (COPETTI, 2010), no presente estudo não houve diferença significativa para a cultivar Albion para os tratamentos inoculados e não inoculados com FMAs, sendo que as quantidades foram de 89,95% e 89,69%, respectivamente, para o ano de 2016 e de 87,34% e 89,65%, respectivamente em 2017.

Para a cultivar Aromas, nas pesquisas de Copetti (2010), a umidade variou entre 91,48% e 94,13% em sistema orgânico e convencional, já neste estudo os teores de umidade foram de 91,75% para os frutos onde houve a inoculação micorrízica das plantas e de 90,48% sem a inoculação em 2016.

Uma maior quantidade de umidade tem boa aceitabilidade quando a qualidade sensorial, sendo mais macio e agradável ao paladar, porém, de acordo com Silva et al. (2002), os altos teores de umidade podem favorecer o crescimento de micro-organismos que podem prejudicar o desenvolvimento da planta e prejudicar a conservação pós-colheita dos frutos.

Segundo Gebhaedt et al. (2002), a água está presente em grande quantidade nos frutos de morangueiro, possuindo altos teores de umidade, podendo atingir 90-95% da parte comestível, e isso pode ser observado no presente trabalho. Essa característica é muito apreciada quanto a qualidade sensorial, porém torna o fruto altamente susceptível a deterioração e à desidratação (GEBHARDT et al., 2002), desta forma tornando o fruto mais perecível quanto a sua utilização na indústria.

Quando se compara o efeito da inoculação na firmeza dos frutos de morango, observaram-se maiores valores no ano de 2016 para as cultivares Camarosa, Aromas e San Andreas com uso de FMAs em relação a testemunha. Quando se trata de firmeza de frutos sem utilização dos fungos arbusculares, infere-se o maior valor para a cultivar Portola.

Em 2016, na análise de firmeza de polpa de frutos obtidos do cultivo com inóculo micorrízico, a cultivar com maior firmeza foi a Aromas, com 14,43 N. A cultivar com menor firmeza foi a Albion, com 8,30 N. Para o tratamento sem inoculante também houve diferença significativa entre as cultivares, no qual a cultivar com maior média foi a Portola, com 11,93 N e a cultivar com menor média foi a Aromas, com 7,45 N.

Houve também diferença significativa entre os tratamentos com e sem inoculação micorrízica, para as cultivares Camarosa, Aromas e San Andreas, que apresentaram maior firmeza de polpa nos tratamentos com uso da inoculação, já as cultivares Camino Real, Monterey, Portola e Albion não diferiram estatisticamente do tratamento entre os tratamentos de inoculação ($p \leq 0,05$).

Em 2017, no tratamento com uso do inoculante a maior firmeza foi encontrada na cultivar Camarosa, que foi estatisticamente superior em comparação com as demais. As cultivares Camino Real, Monterey e Albion apresentaram médias inferiores a cultivar Camarosa, não diferindo entre si. Sem o uso do fungo a cultivar Camarosa também se sobressaiu sobre as demais com maior firmeza e a cultivar Albion foi a que apresentou menor firmeza em comparação com as outras cultivares sem uso da micorriza.

Na média geral, no ano de 2017, a maior firmeza foi observada no tratamento sem uso de fungos micorrízicos. As cultivares Camino Real e Monterey apresentaram as maiores médias sem uso do inoculante em relação ao tratamento com FMAs e as cultivares Camarosa e Albion não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Estudos desenvolvidos por Rivera-Chávez et al. (2012) revelaram que o uso de fungos micorrízicos arbusculares influenciam na distribuição de fotoassimilados para os

frutos de morangueiro, além de melhorarem a firmeza dos mesmos. A melhora na firmeza dos frutos para os tratamentos com uso de fungos micorrízicos pode ser observada neste estudo nas cultivares Camarosa, Aromas e San Andreas, no ano de 2016, que apresentaram firmeza superior quando comparada com frutos provenientes do cultivo sem uso de FMAs ($p \leq 0,05$).

Ainda, de acordo com Rivera-Chávez (2012), um dos aspectos mais destacados relatado sobre o efeito da aplicação de micro-organismos rizosféricos sobre a qualidade das frutas foi a melhoria na textura (firmeza), o que pode ser observado na presente pesquisa com uso de FMAs (2016), principalmente nas cultivares Camarosa, Aromas, Portola e San Andreas, que se destacaram das demais cultivares inoculadas (Camino Real, Monterey e Albion).

Mena-Violante e Olalde-Portugal (2007) mostraram que a inoculação das raízes de plantas de tomate com bactérias promotoras do crescimento de plantas (*Bacillus subtilis*) aumentou significativamente a firmeza dos frutos. Em estudos desenvolvidos com bulbos de cebola (*Allium cepa*), Charron et al. (2001) relataram diferenças significativas para o atributo firmeza nos tratamentos inoculados com fungos micorrízicos arbusculares.

Redgwell et al. (1997) e Medina et al. (1997) relataram o impacto dos FMAs sobre a firmeza dos frutos de morangueiro, e que possivelmente seja uma consequência da diminuição da atividade de enzimas pécticas sobre a parede celular do fruto, causando alteração em sua textura. A influência desses micro-organismos sobre esse atributo pode também estar ligado a enzimas que degradam a matriz de celulose (KNEE et al., 1977).

Nos estudos desenvolvidos por Cecatto (2014), avaliando diversas características em diferentes cultivares de morangueiro com a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares foi verificado no momento da colheita uma maior firmeza quando comparado com os tratamentos sem inoculação com os fungos, porém, diferentemente do presente trabalho, em sua pesquisa não houve diferença estatística entre as cultivares inoculadas. Nesse estudo, no ano de 2016, houve destaque para as cultivares Aromas, Camarosa, San Andreas e Portola que estatisticamente foram mais firmes que as demais cultivares inoculadas ($p \leq 0,05$).

A manutenção da firmeza da polpa dos morangos é um importante atributo de qualidade no manejo pós-colheita. Frutos mais firmes normalmente são associados a melhor conservação e aspecto visual, sendo desta forma, escolhidos pelos consumidores (BRACKMANN et al. 2011).

Geralmente a textura é definida pela maciez ou firmeza de polpa. A perda gradativa da firmeza ou seu amaciamento ocorre em decorrência da maturação, envolvendo mecanismos como a perda de turgor celular, diminuição dos polímeros das paredes celulares, ação de enzimas hidrolíticas e outros mecanismos não enzimáticos (ANTUNES, 2013).

Conforme Santos (1999), a firmeza da polpa e a resistência da epiderme são propriedades de extrema importância, principalmente para aquelas cultivares destinadas a produção de frutos para o consumo *in natura*, pois além de permitirem melhor manuseio e transporte, proporcionam a conservação das qualidades sensoriais por mais tempo.

As cultivares avaliadas no presente estudo, no ano de 2016, demonstraram uma firmeza de polpa satisfatória, principalmente quando inoculadas com FMAs, sendo desta forma indicada para o consumo *in natura*, de acordo com as características citadas por esse autor.

Para a característica de firmeza, na avaliação de 2017, ao contrário do ano anterior, as cultivares sem uso de inoculante apresentaram maior média geral quando comparadas entre si, com exceção das cultivares Camarosa e Albion, que não apresentaram diferença significativa quando comparadas com e sem o uso do inóculo.

No ano de 2017 as condições climáticas na região de Guarapuava foram atípicas, com uma precipitação abaixo da esperada para o segundo semestre, isso pode ter contribuído para uma menor firmeza de frutos em ambos os tratamentos, que foram menores de maneira geral que os resultados do ano de 2016, porém com uso do inoculante duas cultivares apresentaram menores valores em relação a testemunha.

Essa menor firmeza observada pode ser uma resposta dessas plantas a falta de água, toda a água absorvida foi utilizada para os processos fisiológicos desse vegetal e o fruto acabou recebendo baixa quantidade de água e também, devido à alta radiação solar em um período significativo sem chuva, houve aceleração no processo de degradação das substâncias pécnicas da parede celular, responsáveis pela firmeza do fruto, fazendo desta forma, com que os frutos degradassem mais rapidamente e tendo uma menor firmeza quando comparados com os frutos cultivados no ano de 2016.

O resumo da análise de variância relacionada às características de cor no experimento do ano de 2016 está apresentado na Tabela 19 e esses valores para o ano de 2017 estão expressos na Tabela 21. Os resultados relacionados aos dois anos de cultivo para as características de cor estão dispostos nas Tabelas 20 e 22.

Tabela 19. Análise de variância para as características de cor das cultivares de morangueiro com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

FV	QM						
	GL	L	a*	b*	ΔE	°h	Croma
Cultivar	6	37,05 *	14,10 *	14,10 *	54,49 **	0,055 *	48,02 **
Inoculação	1	3,08 ns	106,91**	106,91 **	32,40 ns	0,0057 ns	137,95 **
Cultivar*Inoculação	6	28,23 **	7,18 ns	7,18 ns	21,14 ns	0,0088 ns	11,05 ns
Erro	26	7,89	4,56	4,56	9,45	0,011	6,70
CV (%)		6,99	8,12	8,12	5,98	16,09	8,13

QM: quadrado médio; FV: Fator de variação; GL: graus de liberdade; L: luminosidade; a*: diferença de cor em vermelho e verde; b*: diferença de cor em amarelo e azul ; ΔE: diferença total de cor; °h: ângulo formado entre a* e b*, indicando a diferença de tonalidade; Croma: indica a vivacidade da cor do fruto, saturação de cor; CV = coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 20. Resultados das características de cor das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2016, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Cultivares	L		a*		b*		ΔE*		°h*		Croma	
	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.
	Tratamentos											
Camarosa	40,55 aA	33,12 cB	30,19 aA	27,17 aA	20,40 abA	17,02 aA	54,54 abcA	46,23 bB	0,67 aA	0,62 abA	36,45 abA	32,07 aB
Aromas	39,94 aA	37,89 bcA	28,28 abA	24,95 aA	19,95 abA	15,89 abA	52,86 abcA	48,07 abB	0,70 aA	0,64 abA	34,62 abA	29,58 aB
Camino	39,23 aA	42,33 abA	27,62 abA	22,59 aB	18,37 abcA	14,73 abA	51,42 abcA	50,38 abA	0,66 aA	0,66 abA	33,21 abcA	27,26 aB
Monterey	38,32 aA	41,53 abA	24,42 bA	23,99 aA	12,50 cA	14,92 abA	47,17 cA	50,30 abA	0,51 aA	0,61 bA	27,45 cA	28,32 aA
Portola	36,94 aA	39,69 abcA	26,51 abA	24,21 aA	14,90 bcA	13,88 bA	47,96 bcA	48,55 abA	0,56 aA	0,57 bA	30,53 bcA	27,91 aA
S. And.	44,23 aA	43,22 abA	27,36 abA	26,00 aA	20,46 abA	19,66 abA	55,91 abA	54,27 aA	0,74 aA	0,76 abA	34,16 abcA	32,73 aA
Albion	40,37 aB	45,58 aA	30,96 aA	24,09 aB	23,70 aA	21,35 aA	56,19 aA	55,92 aA	0,76 aA	0,90 aA	39,05 aA	32,23 aB
Média	39,94 A	40,48 A	27,90 A	24,71 B	18,61 A	16,78 A	52,29 A	50,53 A	0,66 a A	0,68 A	33,64 A	30,01 B
CV (%)	6,99		8,12		8,12		5,98		16,09		8,13	

L: luminosidade; a*: diferença de cor em vermelho e verde; b*: diferença de cor em amarelo e azul ; ΔE: diferença total de cor; °h: ângulo formado entre a* e b*, indicando a diferença de tonalidade; Croma: indica a vivacidade da cor do fruto, saturação de cor; c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; S. And: San Andreas; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=3). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Tabela 21. Análise de variância para as características de cor das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

FV	QM						
	GL	L	a*	b*	ΔE	°h	Croma
Cultivar	3	65,67 **	59,8471 **	17,5298 **	130,4067 **	0,0114 **	73,2185 **
Inoculação	1	119,9301 **	0,4347 ns	7,0466 *	89,304 **	0,0063 *	3,1828 ns
Cultivar*Inoculação	3	24,0994 **	7,2578 *	10,9376 **	32,4175 **	0,0127 **	14,1473 *
Erro	14	0,7310	0,9377	0,6502	1,277	0,0010	1,200
CV (%)		2,80	4,33	6,53	2,83	5,82	4,28

QM: quadrado médio; FV: Fator de variação; GL: graus de liberdade; L: luminosidade; a*: diferença de cor em vermelho e verde; b*: diferença de cor em amarelo e azul ; ΔE : diferença total de cor; °h: ângulo formado entre a* e b*, indicando a diferença de tonalidade; Croma: indica a vivacidade da cor do fruto, saturação de cor; CV = coeficiente de variação; ns: não significativo; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 22. Resultados das características de cor das cultivares de morangueiros com fungos micorrízicos no ano de 2017, Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

	Tratamentos											
	L		a*		b*		ΔE*		°h*		Croma	
Cultivares	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.	c/ inoc.	s/ inoc.
Camarosa	30,51	30,95	21,00	21,13	9,55	11,87	38,25	39,53	0,45	0,56	23,07	24,24
	abA	cA	cA	cA	bB	bcA	bA	cA	bB	abA	cA	cA
Camino	30,66	33,36	26,30	23,91	13,63	12,75	42,65	43,00	0,51	0,53	29,64	27,10
	aB	bA	aA	bB	aA	bA	aA	bA	bA	bA	aA	bB
Monterey	28,60	38,42	23,34	26,33	12,19	16,49	38,88	49,42	0,52	0,62	26,33	31,07
	bB	aA	bB	aA	aB	aA	bB	aA	bB	aA	bB	aA
Albion	23,40	28,34	18,37	18,71	11,86	10,45	32,04	35,53	0,64	0,55	21,88	21,43
	cB	dA	dA	dA	aA	cA	cB	dA	aA	abB	cA	dA
Média	28,29 B	32,76 A	22,25 A	22,52 A	11,80 B	12,89 A	37,96 B	41,81 A	0,53 B	0,56 A	25,23 A	25,96 A
CV (%)	2,8		4,33		6,53		2,83		5,82		4,28	

L: luminosidade; a*: diferença de cor em vermelho e verde; b*: diferença de cor em amarelo e azul ; ΔE : diferença total de cor; °h: ângulo formado entre a* e b*, indicando a diferença de tonalidade; Croma: indica a vivacidade da cor do fruto, saturação de cor; c/ inoc: com inoculante; s/ inoc: sem inoculante; CV = coeficiente de variação. Os resultados são apresentados na forma de média (n=3). Letras minúsculas iguais na mesma coluna e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Na Tabela 19 está expressada a análise de variância para os parâmetros de cor do cultivo de 2016. Conforme os resultados avaliados pela análise de variância, pode ser observado que para a característica de luminosidade (L) houve variação para o fator cultivar isolado e para a interação entre os fatores cultivar*inoculação, para o fator inoculação isolado não houve diferença significativa para essa característica.

Para o parâmetro a^* , que corresponde às cores vermelha ($+a^*$) e verde ($-a^*$) respectivamente, houve diferença significativa entre as cultivares isoladamente e para o fator inoculação isolado, porém quando se avaliou a interação entre esses fatores não houve diferença significativa.

Para a característica b^* , que avalia a diferença de cores em amarelo ($+b^*$) e azul ($-b^*$) observou-se diferença para o fator cultivar isolado e para o fator inoculação isolado, não havendo diferença quando se avaliou esses fatores na interação. Quando se avaliou o ΔE (diferença total de cor) notou-se que apenas para o fator isolado cultivar diferença significativa, sendo que a inoculação e interação não apresentaram diferença estatística, isso também ocorreu na avaliação do ângulo Hue ($^\circ h$).

Na avaliação da cromatividade, que define a intensidade de cor, verificou-se que para cultivar e inoculação, isoladamente, houve diferença estatística, no entanto quando se avaliou a interação dessas características não foi observada diferença estatística.

Os valores de L^* representam a luminosidade ou claridade da amostra, podendo variar entre 0 a 100, onde, quando o valor está mais próximo de 100, mais clara é a amostra e quanto mais distante, mais escura. Para esse fator obteve-se diferença significativa na interação cultivar*inoculação, porém dentro do tratamento com FMAs não houve diferença entre as cultivares. Nos tratamentos sem o inoculante, a cultivar com maior média foi a Albion com um valor de 45,58.

Comparando-se os tratamentos entre si, houve destaque para a cultivar Camarosa inoculada, que diferiu estatisticamente do tratamento sem inoculação e para a cultivar Albion não inoculada que teve diferença significativa em relação ao tratamento inoculado, com maior média, demonstrando assim que essas cultivares possuem cor mais clara quando comparadas com as demais.

Para os demais fatores avaliados na coloração de frutos não foi observada diferença significativa quando se avaliou a interação entre os tratamentos (cultivar*inoculação). Apesar disso, para a característica a^* verificou-se que houve diferença significativa para os fatores isolados cultivar e inoculação.

Em relação a inoculação houve destaque para as cultivares Camarosa e Albion

que apresentaram valores de a^* estatisticamente superior às demais no tratamento e em relação as cultivares sem uso dos FMAs, isso demonstra que seus frutos apresentam coloração mais vermelha que as outras amostras, podendo esses frutos terem uma maior quantidade de antocianinas, que é um composto bioativo de extrema importância para os frutos de morangueiro.

Para a característica b^* , houve diferença significativa para cultivar e inoculação, havendo destaque para a cultivar Albion que diferiu estatisticamente quando comparada com as demais, apresentando valor mais próximo ao (+b), ou seja, mais próximo do amarelo. Quanto a inoculação, os frutos inoculados apresentaram de forma geral maiores médias quando comparados com os não inoculados, porém sem diferença estatística entre eles.

Quando se analisou o ΔE , viu-se que houve diferença significativa apenas para o fator cultivar, onde os frutos pertencentes a cultivar Albion apresentaram uma maior diferença total de cor quando comparada com as demais. Na avaliação do ângulo Hue, que demonstra a saturação de cor das amostras, houve diferença para o fator isolado cultivar, tendo destaque para também para a cultivar Albion, que apresentou um valor de $^{\circ}H$ de 0,90 para os tratamentos não inoculados. O ângulo de tonalidade, representado pelo $^{\circ}H$ inicia-se no eixo $+a^*$, sendo descrito em graus, onde $+a^*$ relaciona a cor vermelha (0°), $+b^*$ à amarela (90°), $-a^*$ à verde (180°) e $-b^*$ a cor azul (270°).

Para os valores de croma, houve diferença para os fatores isolados de cultivar e inoculação, onde a cultivar Albion de destacou estatisticamente das demais com uso de FMAs, apresentando maior valor de cromaticidade, ou seja, maior saturação de cor.

Os dados da Tabela 21 representam o resumo da análise de variância dos parâmetros de cor para o ano de 2017. De acordo com esses dados, observa-se que para a característica de luminosidade (L) houve variação para o fator cultivar isolado, para a interação entre cultivar*inoculação e para o fator inoculação isolado. Quando se avaliou o parâmetro a^* , houve diferença significativa para as cultivares isoladamente e para a interação cultivar*inoculação, já para o fator inoculação isolado não houve diferença.

Para o parâmetro b^* , houve diferença para o fator cultivar isolado e para o fator inoculação isolado, verificou-se diferença também quando se avaliou a interação entre cultivares e inoculação. Na avaliação do fator ΔE (diferença total de cor), notou-se que houve diferença significativa para os dois fatores, tanto de maneira isolada como na interação cultivar*inoculação.

Para o ângulo Hue também houve diferença significativa para os dois fatores avaliados. Com relação ao croma, ligado a intensidade de cor, houve diferença significativa para o fator cultivar isolado e para a interação dos fatores, porém não houve significância quando se avaliou o tratamento inoculação de forma isolada.

O parâmetro L^* está ligado ao índice de claridade da amostra e varia entre 0 e 100, quanto mais próximo de 100 mais claro o fruto e conforme vai se distanciando vai ficando mais escuro. Para esse fator houve diferença significativa entre os tratamentos, com maior média para as plantas sem uso da inoculação, com exceção da cultivar Camarosa. No tratamento com uso do inoculante a maior média foi da cultivar Camino Real e a menor a Albion.

Quando se avaliou as cultivares sem uso dos FMAs, a cultivar Monterey teve o maior valor de média em comparação com as demais cultivares, a cultivar Albion teve o menor valor de cultivar nesses tratamentos, com diferença significativa das d Para a característica a^* não houve diferença significativa na média geral para os tratamentos com e sem uso de FMAs.

No tratamento com uso do inoculante a cultivar Camino Real se sobressaiu das demais com média superior, a cultivar Albion teve a menor média dentro desse fator. Sem o uso de inoculante, a maior média foi da cultivar Monterey e a menor da cultivar Albion. Esse parâmetro está ligado a tonalidade de vermelho do fruto, quanto maior o valor mais vermelho o fruto, isso pode estar ligado com o teor de antocianinas presentes neste fruto, um importante composto bioativo ligado a qualidade.

Quando se avaliou o parâmetro b^* observou-se que na média geral os tratamentos sem FMAs tiveram maior média em relação aos inoculados, porém as cultivares Camino Real e Albion não apresentaram diferença significativa para esse fator.

Dentro do tratamento com inoculação, as cultivares Camino Real, Monterey e Albion não apresentaram diferença significativa entre si, com média superior em comparação a cultivar Camarosa. Para as plantas não inoculadas a cultivar Monterey foi a que apresentou a maior média. E com menor média, estatisticamente inferior às demais, a Albion.

Na avaliação da característica ΔE (diferença total de cor), houve diferença significativa entre os tratamentos em sua média geral, com valor estatisticamente superior para o tratamento sem uso de fungos micorrízicos, porém as cultivares Camarosa e Camino Real não apresentaram diferença entre os tratamentos.

A cultivar Camino Real, com uso de FMAs apresentou média superior em comparação às demais cultivares dentro deste tratamento e a cultivar Albion foi a que apresentou pior desempenho dentro deste tratamento. Sem uso de inoculante a maior média foi apresentada pela cultivar Monterey. A média estatisticamente inferior foi apresentada também pela cultivar Albion.

Para o ângulo Hue, relacionado a saturação de cor, observou-se que na média geral houve diferença significativa entre os tratamentos, com maior média geral para as plantas não inoculadas, porém a cultivar Camino Real não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e a cultivar Albion teve maior média inoculada quando comparada com a média não inoculada.

No tratamento com inoculante a maior média foi da cultivar Albion e as menores médias foram das cultivares Monterey, Camino Real e Camarosa que não apresentaram diferença entre si. Sem o inoculante a cultivar com maior ângulo Hue foi a Monterey e aquela com menor ângulo foi a Camino Real.

Em relação a cromaticidade, que representa a vivacidade da cor, não houve diferença significativa entre os tratamentos na média geral, onde as cultivares Camarosa e Albion não apresentaram diferença entre as plantas inoculadas e não inoculadas. A cultivar Camino Real apresentou média estatisticamente superior com uso do fungo em relação às amostras não inoculadas e a cultivar Monterey teve média superior sem uso de FMAs em relação às amostras inoculadas.

Dentro do tratamento com uso do inoculante a cultivar Camino Real foi superior às demais e as cultivares Camarosa e Albion foram inferiores às outras cultivares. No tratamento sem uso de FMAs a cultivar Monterey apresentou maior média e a cultivar Albion foi a que apresentou menor média em relação às demais.

No ensaio desenvolvido por Malgarim et al. (2006) com a cultivar Camarosa, na avaliação de luminosidade não foi observada diferença estatística em diferentes formas de colheita e armazenamento, o que não foi observado no presente estudo, no ano de 2016, apesar de ter sido avaliada essa característica logo após a colheita, observou-se que a cultivar Camarosa inoculada com FMAs apresentou maior luminosidade em relação ao não uso do inoculante. No ano de 2017, porém, não houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados, com e sem o uso de fungos micorrízicos.

Conforme o trabalho de Henschel (2016), os frutos da cultivar Camarosa apresentaram maiores valores de luminosidade, demonstrando que esses frutos apresentaram coloração mais viva e brilhante que os da cultivar Albion. Esse ensaio

corroborou com o presente estudo, para o cultivo de 2016, onde a cultivar Camarosa, com uso de fungos micorrízicos apresentou destaque em relação ao não uso do fungo para a característica de luminosidade. Na safra de 2017, a cultivar Camarosa com e sem uso de inoculante micorrízico teve média estatisticamente superior às médias da cultivar Albion.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento com uso de FMAs na cultura do morangueiro trouxe respostas positivas relacionadas a produção, qualidade de frutos e fisiologia das plantas, porém, têm-se que considerar que foram dois anos de cultivo e nesses períodos as condições edafoclimáticas foram diferentes, trazendo, desta forma, respostas diferentes para algumas características.

No experimento de 2016, para os componentes de produtividade NFTP⁻¹, PCFP⁻¹, PNCFP⁻¹, PTFP⁻¹, NFCP⁻¹, NFNCP⁻¹, MMFCP⁻¹ e MMFNCP⁻¹, a inoculação micorrízica no cultivo do morangueiro promoveu o PCFP⁻¹, PTFP⁻¹ e MMFCP⁻¹, com interação entre inoculante e cultivar para todas as características, exceto PNCFP⁻¹ e MMFNCP⁻¹.

No experimento de 2017, a inoculação micorrízica promoveu todas as variáveis de componentes de produtividade. Houve interação entre inoculante e as cultivares para todas as características, exceto NFTP⁻¹ e NFNCP⁻¹.

Na safra de 2016, a inoculação teve efeito para todas as características de qualidade avaliadas (Vitamina C, Acidez Titulável, pH, Sólidos Solúveis, *Ratio*, Compostos Fenólicos, Umidade e Firmeza), exceto Antocianinas e interação para todas elas.

Para os fatores físico-químicos avaliados em 2017 (Vitamina C, Acidez Titulável, pH, Sólidos Solúveis, *Ratio*, Compostos Fenólicos, Umidade, Firmeza e umidade), houve efeito da inoculação para todas as características, exceto umidade, o que foi verificado também na interação cultivar*inoculação.

Na avaliação de cor em 2016 os parâmetros a, b e Croma tiveram efeito do fator inoculação, com interação para o fator luminosidade (L). Quando se avaliou essa análise em 2017, houve efeito da inoculação para L, b, ΔE e Hue e interação para todas as características.

Para a análise de área foliar, realizada apenas no ano de 2017, houve efeito da inoculação, assim como na interação cultivar * inoculação.

Em relação as trocas gasosas, da avaliação do ano de 2017, não teve efeito para inoculação, com efeito na interação para as características de rendimento fotossintético e transpiração.

7. CONCLUSÕES

Para os resultados de produção houve destaque para as cultivares Albion, Camino Real e Camarosa com uso do inoculante em 2016. Em 2017, todas as cultivares responderam positivamente ao uso dos FMAs para as características de produção.

Os resultados de área foliar foram positivos para as cultivares de morangueiro analisadas com uso dos FMAs com exceção da cultivar Albion e nas análises fisiológicas não houve diferença entre os tratamentos, porém, as cultivares Camarosa e Camino Real apresentaram destaque para a característica de rendimento fotossintético e a cultivar Camarosa destaque para transpiração quando inoculada com FMAs.

Nas características de qualidade houve destaque para pH, sólidos solúveis, ratio, compostos fenólicos e firmeza de polpa em 2016 e para acidez titulável, pH, sólidos solúveis, ratio, compostos fenólicos e antocianinas em 2017. Demonstrando assim a efetividade dos FMAs para atributos de qualidade na cultura do morangueiro.

Por meio dos resultados obtidos nesse trabalho são fornecidas mais evidências de que os micro-organismos rizosféricos afetam positivamente na qualidade, produtividade e também em respostas fisiológicas na cultura do morangueiro, podendo assim, ser um mecanismo para a redução de produtos químicos usados na fertilização e serem explorados para uma maior sustentabilidade na agricultura.

REFERÊNCIAS

- AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 86-97, 2012.
- ALARCÓN, A. et al. *Glomus fasciculatum* and *Glomus etunicatum* effectiveness on growth of *Vitis vinífera* L. micropropagated plantlets. **Terra**, v. 19, p. 29-35, 2001.
- ALARCÓN, A. et al. Hongos micorrizicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa Cv. Obtenidas por cultivo in vitro. **Terra**, n. 18, p. 211-218, 2000.
- ALBUQUERQUE, U.P., ANDRADE, L.H.C., SILVA, A.C.O. Use of plant resources in a seasonal dry forest (Northeastern Brazil). **Acta Botanica Brasilica**, v.19, p. 27-38, 2005
- ANDERSEN O. M.; JORDHEIM M. The anthocyanins. In: ANDERSEN O.M., MARKHAM K. R. (eds): *Flavonoids Chemistry, Biochemistry and Applications*. Boca Raton, p. 471–551, 2006.
- ANTUNES, M. C. et al. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 168-173, 2014.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 13, p. 1–2, 2013.
- ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. **Pequenas frutas: o produtor pergunta, a embrapa responde**. 1ª ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012.a
- ANTUNES, P. et al. Linking soil biodiversity and human health: do arbuscular mycorrhizal fungi contribute to food nutrition. In: Wall, D.H. et al. **Soil Ecology and Ecosystem Services**, Oxford University Press, New York, NY, p. 153–172, 2012.b
- ANTUNES et. al. A cultura do morango. Coleção Plantar, 68. 2. Ed. rev. e ampliada – Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 52 p., 2011.
- ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, R.C. Produção de morangos. **Jornal da Fruta**, v.191, p.22-24, 2007.
- ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J. Sistema de produção do morango. In: SANTOS, A. M. et al. **Sistemas de produção**. Pelotas, 2005.
- ANTUNES, V.; CARDOSO, E. J. B. N. Growth and nutrient status of citrus plants as influenced by mycorrhiza and phosphorus application. **Plant Soil**, v. 131, p. 11-9, 1991.
- ARAIM et al. Root colonization by an arbuscular mycorrhizal (AM) fungus increases growth and secondary metabolism of purple coneflower, *Echinacea purpurea* (L.) Moench. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p.2255–2258, 2009.
- ARANHA, F.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; et al. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 89–97, 2000.
- AUGÉ, R.M., et al. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, v. 230. p.87-97, 2001.

- AVIO et al. Arbuscular mycorrhizal fungi affect total phenolics content and antioxidant activity in leaves of oak leaf lettuce varieties. **Scientia Horticulturae**, v.224 p. 265–271, 2017.
- BASLAM, M.; GOICOECHEA, N. Water deficit improved the capacity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for inducing the accumulation of antioxidant compounds in lettuce leaves. **Mycorrhiza**, v.22, p. 347-359, 2012.
- BASLAM, M.; GARMENDIA, I.; GOICOECHEA, N. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improved growth and nutritional quality of greenhouse-grown lettuce. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 59, n. 10, p. 5504–5515, 2011.
- BAVARESCO, L.; FOGHER, C. Lime-induced chlorosis of grapevine as affected by rootstock and infection with arbuscular mycorrhiza and *Pseudomonas fluorescens*. **Vitis**, v.35, p. 119-123, 1996.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.53-88, 2006.
- BERNARDI, J. et al. Sistema de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e encosta superior do Nordeste. **Embrapa Uva e Vinho**, v. 29, 2005.
- BIAN, Z.H.; YANG, Q.C.; LIU, W.K. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 1, p. 869-877, 2014.
- BOLDT, K. et al. Photochemical processes, carbon assimilation and RNA accumulation of sucrose transporter genes in tomato arbuscular mycorrhiza. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, p. 1256-1263, 2011.
- BONA, E., et al. Effect of bioinoculants on the quality of crops. In Arora, Naveen Kumar, Mehnaz, Samina, Balestrini, Raffaella (Eds.) **Bioformulations: for Sustainable Agriculture**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 93–124, 2016.
- BONA, E., et al. AM fungi and PGP pseudomonads increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. **Mycorrhiza**, v.25, p.181–193, 2015.
- BONA, E., et al. AM fungi and PGP pseudomonads increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. **Mycorrhiza**, v. 24, p. 1-13, 2014.
- BORKOWSKA, B Growth and photosynthetic activity of micropropagated strawberry plants inoculated with endomycorrhizal fungi (AMF) and growing under drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 24, p. 365-370, 2002.

- BOROWICZ, V. A. The impact of arbuscular mycorrhizal fungi on strawberry tolerance to root damage and drought stress. **Pedobiologia**, New York, v. 53, n. 4, p. 265–270, 2010.
- BRACKMANN, A.; PAVANELLO, E. P.; BOTH, V.; et al. Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 542–547, 2011.
- BRAHMAPRAKASH, G. P.; SAHU, P. K. Biofertilizers for sustainability. **Journal of the Indian Institute of Science**. v. 92, n. 1, p. 37-62, 2012.
- BROWN, M.S., BETHLENFALVAY, G.J. The glycine-glomusrhizobium symbiosis. VII Photosynthetic nutrient-use efficiency in nodulated, mycorrhizal soybeans. **Plant Physiol**, v.86, p.1292-1297, 1988.
- CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.
- CALVETE E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 396-401, 2008.
- CAMARGO-RICALDE, S.L.; MONTAÑO, N.M.; ROSAMERA, C.J.D.L.; ARIAS, S.A.M. **Micorrizas: una gran unión debajo del suelo**, v.13, n.7, 2012.
- CANUTO, G.A.B. et al. Development and validation of a liquid chromatography method for anthocyanins in strawberry (*Fragaria* spp.) and complementary studies on stability, kinetics and antioxidant power. **Food Chemistry**, v. 192, p. 566–574, 2016.
- CARDOSO E.J.B.N; NAVARRO R.B; NOGUEIRA M.A. Absorção e translocação de manganês por plantas de soja micorrizadas, sob doses crescentes deste nutriente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.415-423, 2003.
- CARDOSO, E. J. B. N.; LAMBAIS, M. R. Efeito de aldicarb e fosetil-al no desenvolvimento e na colonização micorrízica de tangerina ‘Cleópatra’. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.179-184, 1993
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de Embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.119 – 125, 2004
- CARVALHO, S.P. et. al. Cultivo do morangueiro no Brasil. In: ZAWADNEAK, M.A.C.; SCHUBER, J.M.; MÓGOR, A.F. **Como produzir morangos**. Curitiba: UFPR, p.15-68, 2014.
- CARVALHO, S. F. et al. Comportamento e qualidade de cultivares de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) na região de Pelotas-RS. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v.14, p.176-180, 2013.
- CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. v. 142

- CASTAÑEDA-OVANDO, A. et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, New York, v. 113, n. 4, p. 859–871, 2009.
- CASTELLANOS-MORALES, V.; VILLEGAS, J.; WENDELIN, S.; et al. Root colonisation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* alters the quality of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* Duch.) at different nitrogen levels. **Journal of the science of food and agriculture**, United Kingdom, v. 90, n. 11, p. 1774–1782, 2010.
- CASTRO, R. **Diversidade genética, adaptabilidade e estabilidade do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) em cultivo orgânico**. 2002. UFV, Viçosa, 2002.
- CAVALCANTE, U.M.T. et al. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 26, p. 1099-1106, 2002.
- CAVALCANTE, U. M. T. **Efeitos da associação de fungos micorrízicos arbusculares com o maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. *F. flavicarpa* Deg.)**. 132 f. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos). Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1999.
- CECATTO, A.P. **Inoculação Micorrízica: consequências no metabolismo e interferência na produção e qualidade de frutos de morangueiro no cultivo sem solo no Brasil e na Espanha**. Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, 2014.
- CECATTO, A. P. et al. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.
- CECCARELLI, S. et al. Plant breeding and climate changes. **Journal of Agricultural Science**, v.148, p. 627–637, 2010.
- CEKIC, C.; YILMAZ, E. Effect of arbuscular mycorrhiza and different doses of phosphorus on vegetative and generative components of strawberries applied with different phosphorus doses in soilless culture. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 6, n. 20, p. 4736–4739, 2011.
- CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, p359-366, 2010.
- CHARRON, G. et al. Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae 1. Effects of inoculation method and phosphorus fertilization on biomass and bulb firmness. **Mycorrhiza**, v.11, p. 187-197, 2001.
- CHAVES V. C. **Teor de Antocianinas, compostos fenólicos e capacidade de captação de radicais livres de frutos de cultivares de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Santa Catarina: Programa de pós-graduação em Farmácia da Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.104 p. Dissertação de Mestrado.
- CHEPLICK, S.; KWON, Y.I.; BHOWMIK, P.; SHETTY, K. Phenolic-linked variation in strawberry cultivars for potential dietary management of hyperglycemia and related complications of hypertension. **Bioresources Technology**, v. 101, p. 404-413, 2010.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2ed. ver. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CLIFFORD M. N. Anthocyanins-nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p. 1063–1072, 2000.
- CONNOR, L. J.; MARTIN, E. C. Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. **HortScience**, 1973.
- CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.
- COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal association. In: POWELL, C.L. e BAGYARAJI, D.J., eds. VA Mycorrhiza. **Boca Raton**, CRC Press, 1984. p.155-186.
- COSCOLIN, R. B. S. **Plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetida à deficiência hídrica e a influência da associação com fungos micorrízicos arbusculares e extratos de algas marinhas**. 2016. 141 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas) – Universidade Estadual de São Paulo – UNESP, São Paulo, 2016.
- COPETTI, C. **Atividade antioxidante in vitro e compostos fenólicos em morangos (*Fragaria X ananassa* Duch): influência da cultivar, sistema de cultivo e período de colheita**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- CORDENUNSI, B. R. et al. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 9, p. 2581-2586, 2002.
- COSTA, A.F.; ROSSI, D.A.; LEAL, N.R. Origem, Evolução e o Melhoramento do Moranguero. In: ZAWADNEAK, M. A.C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, A.F. **Como produzir morangos**. Curitiba: UFPR, 2014. p.15-68.
- COSTA, R. C. **Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morangueiro sob telas de sombreamento em ambiente protegido**. Passo Fundo: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2009. 128p. Dissertação Mestrado.
- COSTA, C.M.C. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.225-232, 2005.
- COSTA, C.M.C. et al. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.893-901, 2001.
- CUNHA JUNIOR, L. C. et al. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO₂. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 688-694, 2012
- DARROW, G. M. **Holt, rinehart and winston: the strawberry history breeding and physiology**. New York: The New England Institute for Medical Research, 1966. 447 p.

- DEHNE, H.W. Interaction between vesiculararbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. **Phytopathology**, v. 72, p.1115-1119, 1982.
- DOUDS, D. D.; NAGAHASHI, G.; SHENK, J. E. Inoculation of strawberries with AM fungi produced on-farm increased yield. **Biological Agriculture and Horticulture**, London, v. 26, p. 209–219, 2008.
- DURNER, E.F. Photoperiod affects floral ontogeny in strawberry (*Fragaria*×*ananassa* Duch.) plug plants. **Scientia Horticulturae**, v. 1, p. 194 154–159, 2015.
- DUSCHESNE, N. A. **Histoire naturelle des fraisières**. 442 p., França, 1766.
- EVELIN H., KAPOOR, R., GIRI B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. **Annals of Botany**, v.104, p.1263–1280, 2009.
- FAO. **FAOSTAT – Agriculture**. 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em 4 set. 2017.
- FERNÁNDEZ-LARA, R. et al. Assessment of the differences in the phenolic composition and color characteristics of new strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars by HPLC–MS and Imaging Tristimulus Colorimetry. **Food Research International**, v. 76, p. 645–653, 2015.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, set/out. 2010.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa: Empresa Júnior de Agronomia, 2006.
- FLORES-CANTILLANO, R. F. F. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In: S. P. Carvalho (Ed.); **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. p. 97–105, 2006. Belo Horizonte: FAEMG.
- FLORES- CANTILLANO, F. R. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In: **Documentos 124: II Simpósio Nacional do Morango e I Encontro sobre Pequenas Frutose Frutos Nativas do Mercosul**, 2004, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 145-160.
- FRANÇOSO, I. L. T. et al. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 614-619 set. 2008.
- GALVÃO, A.G. et al. Overcoming strawberry achene dormancy for improved seedling production in breeding programs. **Idesia**, v. 32, n. 4, p. 57-72, 2014.

- GARCIA-GARRIDO, J. M.; OCAMPO, J. A. Regulation of the plant defence response in arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.1377-1386, 2002.
- GARLAND, B. C.; SCHROEDER-MORENO, M. S.; FERNANDEZ, G. E.; CREAMER, N. G. Influence of Summer Cover Crops and Mycorrhizal Fungi on Strawberry Production in the Southeastern United States. **HortScience**, United Kingdom, v. 46, n. 7, p. 985–992, 2011.
- GEBHARDT, S. E.; THOMAS, R. G. Nutritive Value of Foods. United States Department of Agriculture. **Agricultural Research Service**, Nutrient Data Laboratory, Beltsville, Maryland, 2002.
- GIMÉNEZ, G. et al. Cultivo sem solo no morangueiro. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p. 273-279, 2008.
- GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley e Sons, 2001. Unit. F1.2.1-13.
- GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 13. ed. São Paulo: [s.n.].2007
- GONÇALVES, M. A. **Produção de mudas de morangueiro e comportamento a campo**. Tese (Doutorado em Fruticultura de Clima Temperado) –Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 153p., 2015.
- GRYNDLER, M. et al. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and cellulose in growth substrate. **Applied Soil Ecology**, v.19, p. 279- 288, 2002.
- GUILLEMIN, J. P. et al. Contribution of endomycorrhizas to biological protection of micropropagated pineapple (*Annanas comosus* (L.) Merr) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. **Agricultural Science in Finland**, Helsinki, v. 3, p. 241-251, 1994.
- GUIMARÃES et al. Qualidade físicas e químicas de morango passa em diferentes embalagens. **Engenharia na agricultura**, v. 22, p. 306-316, 2014
- GUIMARÃES A. G. et al. Características físico-químicas e antioxidantes de cultivares de morangueiro no Vale do Jequitinhonha. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 2, p. 35-40, 2013.
- GUIMARÃES, F.N. et al. Teor de antocianinas e flavonóis em morangos cultivados no sistema orgânico na região norte de Minas Gerais. Produção do ano de 2005. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Rio de Janeiro: SBF/UENF/UFRuralRJ, 2006. p.448.
- HANCOCK, J. F.; HANCOCK, J. F. **Strawberries**. [s.l.] Cabi Pub., 1999.
- HARRISON, M.J. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Ann. **Revista de Microbiologia**, v. 59, p. 9-42, 2005.

- HENSCHER, J. M. **Morangueiro cultivado sob diferentes cores de cobertura em túnel baixo**. 2016. 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Centro Oeste. Guarapuava, Paraná, 2016.
- HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Controlled atmosphere - induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, n. 14, p. 19-32, 1999.
- IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.
- IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Agrometeorologia**. 2017. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597/>>. Acesso em: 18 de set. 2017.
- INVAM - **International culture collection of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi**. Disponível em: <<https://invam.wvu.edu/>>. Acesso em: 21 de nov. de 2017.
- JAYNE, B., QUIGLEY, M. Influence of arbuscular mycorrhiza on growth and reproductive response of plants under water deficit: a meta-analysis. **Mycorrhiza**, v.24, p.109-119, 2014
- KADER, A.A. Fruits in the global market. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological Basis**. Sheffield: Academic Press, 2002.
- KAPULNIK, Y. et al. Effect of AMF application on growth, productivity and susceptibility to Verticillium wilt of olives grown under desert conditions. **Symbiosis**, v. 52, p.103–111, 2010
- KIRSCHBAUM, D. S.; BORQUEZ, A. M. Nutrición mineral de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.). In: ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. III Simpósio nacional do morango, II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do MERCOSUL. **Palestras...** Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2006, p.117-127.
- KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Livraria e Editora Rural. 2 ed. Campinas, 2002. 214p.
- KNEE, M.; SARGENT, J.A.; OSBORNE, D.J. Cell wall metabolism in developing strawberry fruits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 28, n. 2, p. 377-396, 1977.
- KOIDE, R. T. The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular – arbuscular mycorrhizal infection. **New Phytol**, v. 99, p.449 – 462, 1985.
- LAL, S. et al. Variability of health and bioactive compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivares grown under an Indian temperate ecosystem. **Fruits**, Les Ulis, v. 68, n. 5, p. 423-434, 2013.
- LAMBAIS, M. R.; RÍOS-RUIZ, W. F.; ANDRADE, R.M. Antioxidant responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytol**, v. 160, p. 421-428, 2003.

- LAMBAIS, M. R.; CARDOSO, E. J. B. N. Germinação de esporos e crescimento do tubo germinativo de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em diferentes concentrações de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.151-154, 1989.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v. 20, p. 207–220, 2000.
- LIMA, L.C. de O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. **Informe Agropecuário**. Morango: tecnologia inovadora, Belo Horizonte, v. 20, n.198, p. 80-83, 1999.
- LIMA, K.B. et al. Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p. 932-940, 2011.
- LIMA, K.B. **Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro**. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF. 80 p, 2009.
- LINGUA, G.; BONA, E.; MANASSERO, P.; et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads increases anthocyanin concentration in strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* var. Selva) in conditions of reduced fertilization. **International Journal Of Molecular Sciences**, Basel, v. 14, n. 8, p. 16207–16225, 2013.
- LOPES-DA-SILVA, M.F.; ESCRIBANO-BAILÓN, M.T.; RIVAS-GONZALO, J.; SANTOS-BUELGA, C. Anthocyanin pigments in strawberry. **Food Science and Technology**, v. 1, p. 374-382, 2007.
- LÓPEZ-RÁEZ J.A. Hormonal and transcriptional profiles highlight common and differential host responses to arbuscular mycorrhizal fungi and the regulation of the oxylipin pathway. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.2589–2601, 2010.
- MALGARIM, M. B.; FLORES-CANTILLANO, R. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, 2006.
- MARODIN, J. C. et al. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.9, n.3, p.50-57, 2010.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.89-102, 1994.
- MARTÍNEZ, L. F. S. **Calidad y Rendimiento de Fresa Inoculada con Hongos Micorrízicos Arbusculares**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciencias en Producción Agrícola Sustentable) - Instituto Politécnico Nacional, Colegio De Profesores De Estudios De Posgrado E Investigación, Jiquilpan Mich, 2012.

- MATSUBARA, Y.; ISHIGAKI, T.; KOSHIKAWA, K. Changes in free amino acid concentrations in mycorrhizal strawberry plants. **Scientia Horticulturae**, New York, v. 119, n. 4, p. 392–396, 2009.
- MEDINA, E. N. et al. Cloning and characterization of cDNAs from genes differentially expressed during the strawberry fruit ripening process by a MAST-PCR-SBDS method. **Analytical Biochemistry**, v. 288, p. 288-296, 1997.
- MELO, G. W. B.; BORTOLOZZO, A. R.; VARGAS, L. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. **Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho**, 2006.
- MENA-VIOLANTE, H. G.; OLALDE-PORTUGAL, V. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. **Scientia Horticulturae**, v.113, p.103-106, 2007.
- MENDONÇA, H.F.C. **Produção e qualidade de morangos em cultivo protegido consorciado com a figueira**. 2011. 122 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em agronomia – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo-RS.
- MEYERS, K. J. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6887-6892, 2003.
- MIRANDA, E.M.; SAGGIN JUNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para o amendoim forrageiro consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1185-1191, 2008.
- MÓGOR, A. F. Aspectos fisiológicos relacionados à floração e à frutificação do Moranguero. In: ZAWADNEAK, M.A.C.; SCHUBER, J.M.; MÓGOR, A.F. **Como produzir morangos**. Curitiba: UFPR, p.15-68, 2014.
- MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O., BRUSSARD, L. Soil organisms in tropical Ecosystems: a key role for Brazil in the global quest for the conservation and sustainable use of biodiversity. In: **Soil Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems**. Moreira, F.M.S., Siqueira, J. O., Brussard, L. Eds. CABI Publishing, pp1-12, 2006.
- NEWSHAM, K. K.; FITTER, A. H.; WATKINSON, A. R. Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizae. **Trends in Ecology e Evolution**, v. 10, n.10, p.407-411, 1995.
- NICKEL, O. et al. Production and use of polyclonal antibodies to the coat protein of Apple stem grooving virus expressed in *Escherichia coli*. **Acta Horticulturae**, v. 657, p. 35-40, 2004.
- NIEMI, M. Y VESTBERG M. Inoculation of commercially grown strawberry with VA mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v.144, p.133-142, 1992.
- NIKOLAOU, N. et al. Effects of diferentes P sources in soil on increasing growth and mineral uptake of mycorrhizal *Vitis vinifera* L. (cv Victoria) vines. **Journal International des Science de la Vigne et du Vin**, v.36, p.195-204, 2002.

- NORMAN, J. R.; HOOKER, J. E. Sporulation of *Phytophthora fragariae* shows greater stimulation by exudates of non-mycorrhizal than by mycorrhizal strawberry roots. **Mycol Res**, v. 104, n 9, p. 1069-1073, 2000.
- NUNES, J. L.da S. et al. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em porta-enxerto de pessegueiro CV okinawa. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 30, p. 1100- 1106, 2008.
- NZANZA, B., MARAIS, D., Soundy, P. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to nursery inoculation with *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. **Acta, Agr. Scand. B-S P**. v. 62, p. 209-215, 2012.
- OLÍAS, J.M.; SANZ, C.; PÉREZ, A.G. **Postcosecha de la fresa de Huelva: principios básicos y tecnología**. Sevilla, Espanha: Instituto de la Grasa CSIC, 1998.
- OLIVEIRA, C. S. **Produção e qualidade de mudas de morangueiro com diferentes concentrações de nitrogênio em cultivo sem solo**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria- UFSM), Santa Maria, 2009.
- OLIVEIRA, R. P.; NINO, A. F. P.; SCIVITTARO, W. B. Mudas certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, v. 108, n. 655, p. 35-38, 2005.
- ORNELAS-PAZ, J.J.et al. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v. 138, p. 372–381, 2013.
- PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. **Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas**, v. 1, n. 2003, p. 9-17, 2003.
- PALHA, M. G. et al. Manual do morangueiro. **Oeiras: Projecto PO AGRO DE&D**, n. 193, 2005.
- PALIYATH, G. et al. **Postharvest Biology and Technology of Fruit, Vegetables and Flowers**. 1. ed, Wiley-Blackwell, Ames, 497 p., 2008.
- PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature**, v. 6, p.763-775, 2008.
- PASSOS, F.A. **Caracterização de clones nacionais e introduzidos de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.), visando o uso imediato na horticultura e o melhoramento genético**. Piracicaba: ESALQ, USP, 1982. 116 p. (Dissertação mestrado).
- PINTO, M. S. **Compostos bioativos de cultivares brasileiras de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.): caracterização e estudo da biodisponibilidade dos derivados do ácido eláxico**. 1380. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Programa de pós-graduação em Ciência dos Alimentos – Área de Bromatologia, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2008.

- PINTO, W.S. et al. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipo de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p.1059-1066, 2003.
- PORCEL, P., AROCA R., RUIZ-LOZANO L. M. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. **Agron Sustain Dev**, v.32, p. 181 – 200, 2012.
- PORRAS-SORIANO A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. **Journal of Plant**, v. 166, p. 1350-1359, 2009.
- PURIN, S. **Fungos micorrízicos arbusculares: Atividade, diversidade e aspectos funcionais em sistemas de produção de maçã**. Dissertação de Mestrado - Universidade do Estado de Santa Catarina, 147p. Florianópolis, 2005.
- RAMOS, A.C. et al. An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. **Braz J. Plant Physiology**, v. 23, p. 79-89, 2011.
- RAMOS, A.C.; FAÇANHA, A.R.; FELJÓ, J.A. Proton (H⁺) flux signature of the presymbiotic development of the arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytol**, v.178, p.177-88, 2008.
- REDGWELL R.J. et al. *In vivo* and *in vitro* swelling of cell walls during fruit ripening. **Planta**, Berlin, v. 203, n.2, p.162-173, 1997.
- REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; ALDRIGHI, M.; VIGNOLO, G. **Panorama do cultivo de morangos no Brasil**. Brasília, 2015.
- RESENDE, J.T.V. et al. Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 371-374, 2008.
- RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in Plant Science**, v.2, p.152-159, 1997.
- RIVERA-CHÁVEZ F.H. et al. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y extracto acuoso de Vermicompost sobre calidad de fresa. **Ra Ximhai**, v. 8, p. 119-130, 2012.
- ROCHA, D. A. et al. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.
- ROSA, D. J. **Alterações fisiológicas em videira (*Vitis* sp.) cultivada em solo com acúmulo de Cu e fitoproteção com fungos micorrízicos arbusculares**. 2015. 89 p. (Dissertação de Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) Universidade Federal, de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2015.
- ROUPHAEL, Y. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 91–108, 2015
- ROUPHAEL, Y. et al. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 172–179, 2010.
- SAGGIN JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. **Micorriza arbuscular- Papel, Funcionamento e Aplicação da Simbiose**. In: A. M. de Aquino; R. L. de Assis. (Org.).

Processos Biológicos do Sistema Solo- Planta Ferramentas para uma Agricultura Sustentável. 1 ed. Brasília: Embrapa Agrobiologia, Embrapa Informação Tecnológica, 2005, v. 1, p. 101-149.

SALGADO-BARREIRO C.S. et al. Efecto de la inoculación con *Glomus intraradices* y de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de plantas de fresa. **Scientia Agropecuaria**, v. 2, p. 171-179, 2012.

SALMANIAN, S.; SADEGHI M.A.R.; ALAMI, M.; GHORBANI, M. Phenolic content, antiradical, antioxidant, and antibacterial properties of hawthorn (*Crataegus elbursensis*) seed and pulp extract. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 16, p. 343-354, 2014.

SANHUEZA, R. et al. **Sistema de produção de morango para mesa na região da serra gaúcha e encosta superior do Nordeste**. Bento Golçalves: Embrapa uva e vinho, 2005.

SANTOS, L. O. et al. Técnicas de conservação pós-colheita do morango. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 84-87, jan/fev. 2007.

SANTOS, A. dos. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 198, p. 24–29, 1999.

SHAW, D.V. Strawberry production systems, breeding and cultivars in California. In: Simpósio nacional do morango, 2.; encontro de pequenas frutas e frutas nativas, 2004, Pelotas, RS. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.15-20. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).

SHAW, D.V. **Strawberry plant 'Diamante'**. United States Plant patent. PP10435. 9 June 1998.

SHENG, M. et al. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. **Mycorrhiza**, v. 18, p. 287-296, 2008.

SILVA, P. A. **Qualidade de morangos cultivados na região de Lavras, MG, armazenados em temperatura ambiente**. 2013. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, 2013.

SILVA, A.F.; DIAS, M.S.C.; MARO, L.A.C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p.7-13, 2007.

SILVA, M. A. et al. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata Curtis*) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v.18, n.4, p.981-985, 2004.

SILVA, A.P. **Qualidade e conservação pós-colheita do morango, tratado com cloreto de cálcio em pré-colheita**. 2002.132p. (Tese de Doutorado em Agronomia/ Horticultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2002.

SIMIRGIOTIS, M.J.; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Determination of phenolic composition and antioxidant activity in fruits, rhizomes and leaves of the white strawberry (*Fragaria chiloensis* spp. *chiloensis* form *chiloensis*) using HPLC– DAD–

ESI–MS and free radical quenching techniques. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 545-553, 2010.

SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2.ed. Porto Alegre/ Florianópolis: UFRGS e UFSC, 2000.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biociência**, Tirol, n. 25, p. 12–21, 2002.

SIQUEIRA, J. O.; POUYÚ ROJAS, E.; MOREIRA, F.M.S. Micorrizas arbusculares no crescimento pós-transplante de mudas de árvores em solo com excesso de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.569-580, 1999.

SIQUEIRA, J. O.; COLLOZI-FILHO, A. Micorrizas vesículoarbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.207- 211, 1986

SMITH, S.E.; READ, D.J. Mycorrhizal symbiosis. 3.ed. London, **Academic Press**, 2008. 785p.

SOARES, C.R.F.S; SIQUEIRA, J.O Mycorrhiza and phosphate protection of tropical grass species against heavy metal toxicity in multi-contaminated soil. **Biology and Fertility Soils**, v.44, p.833-841, 2008.

SOARES, A. D. B. et al. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.3, p.147-154, 2004.

SOUZA, F. A. D. et al. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: S. M. SIQUEIRA, J.O; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J.B.N.; TSAI (Ed.); **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. 716 p.

SOUZA, L.T. et al. Teor de antocianina e flavonóis em morangos cultivados sem a utilização de agrotóxicos no município de Mocimbo do Sul – MG. Produção do ano de 2004. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19., 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Rio de Janeiro: SBF/UENF/UFRuralRJ, 2006.

STEGMEIR, T. L. et al. Performance of an elite strawberry population derived from wild germplasm of *Fragaria chiloensis* and *F. virginiana*. **Hortscience**, Alexandria, v. 45, n. 8, p. 1140-1145, Aug. 2010.

STEWART, P.; FOLTA, K. A Review of Photoperiodic Flowering Research in Strawberry (*Fragaria* spp.). **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 29, n. April 2012, p. 1–13, 2010.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MEDEIROS, C.A.B.; MARTINS, D.S.; SILVA, J.B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.

STURMER, S. L. e SIQUEIRA, J. O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. e BRUSSAARD, L.,

eds. Soil biodiversity an Amazonian and other Brazilian ecosystems. **Wallingford**, CABI-Publishing, 2006.

SUI, X.; BARY, S.; ZHOU, W. Changes in the color, chemical stability and antioxidant capacity of thermally treated anthocyanin aqueous solution over storage. **Food Chemistry**, v. 192, p. 516-524, 2016.

TAHMATSIDOU, V. et al. Comparison of AMF and PGPR inoculants for the suppression of Verticillium wilt of strawberry (*Fragaria×ananassa* cv. Selva). **Applied Soil Ecology**, New York, v. 32, n. 3, p. 316–324, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal 5ªed. **Porto Alegre: Editora Artmed**, 2013.

TAYLOR, J.; HARRIER, L.A. A comparison of development and mineral nutrition of micropropagated *Fragaria x ananassa* cv. Elvira (strawberry) when colonized by nine species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v.18, p.205-215, 2001.

TAZZO, I. et al. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2015.

TULIPANI, S.; MEZZETTI, B.; CAPOCASA, F.; et al. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 56, n. 3, p. 696–704, 2008.

VERDIAL, M. F. et al. Vernalização em cinco cultivares de morangueiro. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 976-981, agosto. 2007.

VESTBERG, et. Al. Microbial inoculation for improving the growth and health of micropropagated strawberry. **Applied Soil Ecology**, v. 27, p. 243-258, 2004.

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

VOS, C.; VAN DEN BROUCKE, D.; LOMBI, F. M.; DE WAELE, D.; ELSEN, A. Mycorrhiza-induced resistance in banana acts on nematode host location and penetration. **Soil Biology and Biochemistry**, New York, v. 47, p. 60–66, 2012.

VOTH, V.; D.V. SHAW; R.S. BRINGHURST. Strawberry plant called ‘Camarosa’. U.S. Patent 8,708. U.S. **Patent and Trademark Office**, Washington, DC 1994.

WANG, H.; GU, M.; CUI, J.; SHI, K.; ZHOU, Y.; YU, J. Effects of light quality on CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *Cucumis sativus*. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, n. 96, p. 30–37, 2009.

WANG, C. et al. (2008) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of cucumber plants. **Commun Soil Sci Plant Anal**, v. 39, p. 499–509, 2008.

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I.R. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 1ed. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336p.

WU T. et al. Molecular profiling of soil animal diversity in natural ecosystems: Incongruence of molecular and morphological results. **Soil Biology e Biochemistry**, v.41, p.849–857, 2009.

YAO, Q. et al. Differential influence of native and introduced arbuscular mycorrhizal fungi on growth of dominant and subordinate plants. **Plant Ecology**, v.196, p. 261-268, 2008.

ZAICOVSKI, C.B Resveratrol na qualidade pós- colheita de morangos “Camarosa”. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.4, p.443-446, 2006.

ZAWADNEAK, M. A. C.; SCHUBER, J. M.; MÓGOR, Á. F. **Como produzir morangos**. Curitiba: Ed.UFPR, 2014.

ZHANG, G. et al. Antifungal Metabolites Produced by *Chaetomium globosum*, an Endophytic Fungus Isolated from *Ginkgo biloba*. **Indian Journal of Microbiology**, v. 53, n.2, p. 175–180, 2013.