Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Desempenho de novas cultivares de mirtileiro de baixa exigência em frio em região subtropical

Ricardo Bordignon Medina

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2016

Ricardo Bordignon Medina
Engenheiro Agrônomo

Desempenho de novas cultivares de mirtileiro de baixa exigência em frio em região subtropical

Orientador:
Profa. Dra. **SIMONE RODRIGUES DA SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Medina, Ricardo Bordignon
Desempenho de novas cultivares de mirtileiro de baixa exigência em frio em região subtropical / Ricardo Bordignon Medina. - - Piracicaba, 2016.
91 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Vaccinium* spp. 2. Emerald 3. Jewel 4. Mirtilo 5. Florescimento 6. Frutificação 7. Produção 8. Qualidade de fruto I. Título

CDD 634.42
M491d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, Herculano e Rita,
por terem me ensinado coisas que jamais aprenderia em uma aula ou em um livro.
Espero um dia poder ser exemplo para alguém, da mesma forma que vocês são para mim.

À minha irmã, Marina,
pelo carinho, proteção e amor dado ao caçula.
Te amo, Maroca!

À minha avó, Dixier Marozzi Medina (*in memoriam*),
Agrônoma, Esalqueana, curiosa por minha pesquisa de mestrado até os últimos momentos de sua vida.

À Paul Lyrene, Ralph Sharpe e Wayne Sherman,
Geneticistas da Universidade da Flórida, responsáveis por desenvolver variedades de mirtileiros de baixa exigência em frio, inclusive as que estudei neste trabalho.

Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por constantemente me abençoar.

À minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos da minha vida, e que fizeram com que mais uma etapa da minha vida pudesse ser concluída.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo, escola que já admirava enquanto neto e filho de ex-alunos, mas que amei como aluno.

À minha orientadora, Profª. Drª. Simone Rodrigues da Silva, pela orientação, ensinamentos, boas conversas, amizade e carinho ao longo desses anos.

Aos Professores de Fruticultura da ESALQ/USP, Prof. Dr. Angelo Jacomino, Prof. Dr. Francisco Mourão e Prof. Dr. Marcel Sposito, pelos ensinamentos em disciplinas e pela parceria no Programa de Aperfeiçoamento de Ensino.

Ao Técnico Agrícola do Departamento de Produção Vegetal, Éder Cintra, pelos muitos anos de amizade, ensinamentos e companheirismo.

À pesquisadora e produtora Tatiana Cantuárias-Avilés, por disponibilizar a área e as plantas para a realização deste experimento. Também agradeço a ajuda com as análises estatísticas, a amizade e ensinamentos.

Ao produtor Luis Milner, pela amizade, pela área e os frutos cedidos para a realização deste experimento.

À Verônica Lorena Dovis, pelos conselhos sobre avaliações das fases de desenvolvimento das plantas.

Às doutorandas Jaqueline Tezotto Uliana (K-tarata) e Nathalia Dallocca Berno (Malók), pela amizade e por terem sido essenciais na condução das análises de qualidade de frutos.

Ao Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge e à Profª. Drª. Marta Helena Fillet Spoto, por disponibilizarem seus laboratórios e equipamentos para a realização das minhas análises.

Às equipes dos laboratórios 'Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita' e 'Frutas e Hortaliças', em especial ao técnico Guilherme Martin, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

À Iabita e Altemir, pelo auxílio em conceitos e análises estatísticas.

Aos meus companheiros de mestrado e de salinha, Angela Sanchez e Matheus Docema (É Você), pelos inúmeros conhecimentos trocados, por toda ajuda, companheirismo e principalmente pela amizade ao longo desses anos.

Aos meus amigos/irmãos da República Casa Nova, pessoas que convivi intensamente e que tiveram grande importância na minha trajetória até aqui.

A todos que me ajudaram de alguma forma durante a realização deste mestrado, seja em experimentos ou em outras atitudes de apoio, especialmente Maria Carolina, Teodolito, Farelo, Gaúcho, Mboi, To-Fraco, Pinga, Anauê, Isa Jimenes, Rokutã, Paulinha, Daniña, Costelinha, Rasteriña, entre tantas outras pessoas.

MUITO OBRIGADO!!

"Os países investem em ciência porque são ricos
ou são ricos porque investem em ciência?"

Autor desconhecido

SUMÁRIO

RESUMO.....11
ABSTRACT 13
1 INTRODUÇÃO 15
Referências 16
2 DESENVOLVIMENTO 17
2.1 Revisão Bibliográfrica.....17
2.1.1 Panorama mundial e nacional do cultivo de mirtilo 17
2.1.2 O mirtileiro 20
2.1.3 Qualidade dos frutos 25
Referências 29
3 MIRTILEIROS ‘EMERALD’ E ‘JEWEL’ CULTIVADOS EM REGIÃO SEM FRIO HIBERNAL 37
Resumo 37
Abstract 37
3.1 Introdução 38
3.2 Material e Métodos 39
3.3 Resultados e Discussão 41
3.4 Conclusões.....49
Referências 49
4 QUALIDADE FISICO-QUÍMICA DE MIRTILOS DAS CVS. EMERALD E JEWEL PRODUZIDOS EM REGIÃO SEM OCORRÊNCIA DE FRIO HIBERAL 53
Resumo 53
Abstract 53
4.1 Introdução 54
4.2 Material e Métodos 54
4.3 Resultados e Discussão 59
4.4 Conclusões.....76
Referências 77
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 83
APÊNDICES.....85
ANEXOS 89

RESUMO

Desempenho de novas cultivares de mirtileiro de baixa exigência em frio em região subtropical

A grande procura por mirtilos, principalmente por países do Hemisfério Norte, está associada aos benefícios nutracêuticos do seu consumo em relação a prevenção de doenças. Em resposta à esta alta demanda, produtores de regiões e países que antes não cultivavam a fruta, iniciaram seus plantios nos últimos anos, sendo o clima, fator limitante à expansão de novas áreas uma vez que o mirtileiro, originário de regiões temperadas, necessita acumular alto número de horas de frio hibernal para completar seu desenvolvimento. No Brasil, predomina-se o plantio de mirtileiros nos estados da região sul, além de pequenas regiões de altitude no estado de São Paulo e Minas Gerais, utilizando cultivares tradicionais. A introdução de novos materiais genéticos, de baixa exigência em frio, desenvolvidos pela Universidade da Flórida possibilitou avaliar o desempenho das plantas e a qualidade dos frutos das cultivares Emerald e Jewel plantadas em Piracicaba – SP, sem ocorrência de frio hibernal. No período de maio de 2014 a maio de 2015 foi realizada a caracterização das fases de crescimento vegetativo, brotação, florescimento, frutificação e produção de frutos dessas cultivares. O crescimento dos ramos ocorre até o início da produção, interrompendo-se em seguida. A cultivar Emerald apresenta dois picos de florescimento e frutificação, com a colheita principal ocorrendo de agosto a outubro, enquanto a cultivar Jewel apresenta dois picos de emissão de botão floral, mas apenas um pico de florescimento e uma colheita que ocorre entre os meses de outubro e janeiro. A produção ocorre durante o período de entressafra do mercado interno e externo, que possibilita melhores preços da fruta. É possível obter-se produção das cultivares de mirtileiros Jewel e Emerald em região subtropical, mas a exigência de um número de horas de frio para estimular a emissão de botão floral e o florescimento parece ser mais baixa que a recomendada na literatura. Em agosto e outubro de 2015 também foram determinados para essas cultivares, parâmetros da qualidade físico-química dos frutos como massa fresca de frutos, diâmetro, comprimento, formato, volume, firmeza, coloração de casca, teor de sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, *ratio*, compostos fenólicos totais, teor de antocianinas, quercetina e atividade antioxidante pelo sequestro dos radicais DPPH e ABTS, que foram armazenados à temperatura ambiente (22 °C) avaliados no dia de colheita, e a cada três dias, até o décimo segundo dia. Frutos de mirtilos colhidos em agosto são maiores e mais arredondados, porém apresentam menor teor de sólidos solúveis totais e maior acidez. Por outro lado, os frutos colhidos em outubro apresentam maior *ratio*, e coloração mais intensa. ‘Emerald’ possui frutos com maior atividade antioxidante que ‘Jewel’. Os teores de antocianinas, quercetinas, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante diferem entre as cultivares de acordo com as épocas e aumentam ao longo dos dias após a colheita, enquanto pH, acidez e firmeza decrescem.

Palavras-chave: *Vaccinium* spp.; Emerald; Jewel; Mirtilo; Florescimento; Frutificação; Produção; Qualidade de fruto

ABSTRACT

Performance of low chill blueberry cultivars in subtropical region

The high demand for blueberries, mainly by the Northern Hemisphere markets, is associated with their nutraceutical attributes and the health benefits of its consumption. In response to this high demand, countries that had never cultivated the fruit, started growing blueberries in recent years. The climate is a limiting factor to the expansion of new areas as these species are originated from temperate regions, an so, has a high chill requirement for a full development. In Brazil, blueberry cultivation of traditional areas are restricted to the southern states, and to small areas of altitude in São Paulo and Minas Gerais state, using traditional cultivars. The introduction of new genetic material, with low chill requirement, released by the University of Florida made possible to evaluate the performance of plants and fruit quality of Emerald and Jewel cultivars planted in Piracicaba - SP, without the occurrence of temperatures below 7.2 °C. From May 2014 to May 2015 vegetative growth, bud break, flowering, fruiting and fruit production of these cultivars were assessed. Branches grew until flowering period. Emerald cultivar has two peaks of flowering and fruiting, with the main harvest occurring from August to October, while ‘Jewel’ has two bud break peaks, but only a peak of flowering and the harvest takes place between October and January. The production occurs during the off-season of the domestic and northern hemisphere markets, resulting in higher fruit prices. The results indicate that it is possible to cultivate blueberry cultivars Jewel and Emerald in subtropical regions because the chill requirement to induce bud and flowering break is much lower than it is cited in the literature. In August and October 2015 ‘Jewel’ and ‘Emerald’ were assessed for parameters of physical and chemical quality of the fruit. It were evaluated fresh fruit mass, diameter, length, shape, volume, firmness, peel color, soluble solids content (SST), pH, titratable acidity (AT), SST/AT ratio, total phenolic compounds, total anthocyanins content, total quercetins content and antioxidant activity using DPPH and ABTS methods on the harvest day, and every three days, until the twelfth day of the fruits harvested and stored at room temperature (22 °C). Fruits from August harvest have higher diameter and are more roundish, but have lower soluble solids content and higher titratable acidity. On the other hand, the fruits harvested in October have higher SST/TA ratio and higher chroma value. 'Emerald' has higher antioxidant activity than ‘Jewel’. The content of anthocyanins, quercetins, total phenolic compounds and antioxidant activity differ with cultivars and harvest periods and increases during storage, while pH, acidity and firmness decrease.

Keywords: *Vaccinium* spp.; Emerald; Jewel; Blueberry; Flowering; Fruiting; Production; Fruit quality

1 INTRODUÇÃO

A demanda por pequenas frutas, também chamadas de *berries*, está ultrapassando em muito sua oferta, uma vez que consumidores estão preferindo-as cada vez mais, em detrimento de frutas tradicionais, como maçãs e citros. O consumo de mirtilo (*Vaccinium* spp.) está muito associado aos benefícios que a ingestão da fruta traz à saúde humana, devido a suas propriedades nutracêuticas. Dentre os diversos benefícios, destacam-se o combate aos radicais livres causadores de doenças degenerativas, além de estar relacionado com prevenções de câncer, problemas cardiovasculares e oculares (SEVERO et al., 2008). Outro fator que contribui para a popularidade da fruta é sua versatilidade na culinária, estando presente em diversos pratos da gastronomia, como bolos, sorvetes e tortas que, além do sabor e qualidades nutracêuticas, ainda conferem uma interessante aparência aos pratos.

Os grandes *players* do mercado mundial de mirtilo são os Estados Unidos e Canadá que, são os maiores produtores e também os maiores consumidores da fruta (FAO, 2016). A demanda dos países consumidores por mirtilos é tão grande que, durante a entressafra dos países da América do Norte, estes necessitam importar a fruta, ofertada neste período principalmente por países da América do Sul, o que possibilita uma atrativa abertura de mercado para o Brasil (FACHINELLO, 2008).

Por ser tradicionalmente uma planta de clima frio, o cultivo no Brasil está limitado aos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, em regiões com 300 a 1200 horas de frio por ano. Para ampliar o período de oferta da fruta, algumas mudanças na produção comercial de mirtilo são necessárias, principalmente com relação às características de exigência em frio das cultivares utilizadas (BRAZELTON, 2011). Em 2010, novas cultivares de mirtileiros de baixa exigência em frio, desenvolvidas pela Universidade da Flórida, foram introduzidas no Brasil, o que possibilitaria um aumento significativo na área plantada com esta fruta no país com grande potencial para a produção precoce de frutos em regiões com baixo ou sem frio hibernal. Um significativo acréscimo de renda e diversificação da produção para produtores rurais poderia assim ser gerado. Faltam, entretanto, informações técnicas sobre as fases de desenvolvimento destas cultivares nas condições edafoclimáticas brasileiras, bem como sobre as

características físico-químicas de seus frutos em regiões com menor ocorrência de frio, situação preponderante no estado de São Paulo. Assim, o cultivo do mirtilo estimularia a diversificação da produção frutícola paulista, principalmente para pequenos produtores, em áreas pouco rentáveis com o cultivo da cana-de-açúcar, o que priorizaria a maximização da mesma.

Esta dissertação se divide em dois capítulos. O primeiro relata a avaliação do desempenho horticultural das cultivares de mirtileiro Jewel e Emerald, de baixa exigência em frio em condições de cultivo semiprotegido na região de Piracicaba - SP, quanto ao desenvolvimento vegetativo e brotação, florescimento, frutificação e produção. No segundo capítulo apresenta-se a caracterização dos frutos de ‘Jewel’ e ‘Emerald’ em relação a diversos parâmetros físico-químicos em duas épocas de colheita.

Referências

BRAZELTON, C. **World blueberry acreage & production.** Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2011. 51 p.

FACHINELLO, J.C. Mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 285-288, 2008.

FAO. **FAOSTAT:** production crops, 2016. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 08 fev. 2016.

SEVERO, J.; MONTE, F.G.; CASARIL, J.; SCHREINERT, R.S.; ZANATTA, O.; ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante de morango e mirtilo. In: SIMPÓSIO DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 103.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Panorama mundial e nacional do cultivo de mirtilo

A produção mundial de mirtilos, liderada por Estados Unidos, Canadá, Chile, Polônia e Alemanha, tem aumentado expressivamente nos últimos anos. Entre 1998 e 2014, essa produção passou de aproximadamente 143,7 para 540 mil toneladas (BRAZELTON, 2015; FAO, 2016), impulsionada pela crescente demanda de alimentos com alto valor nutracêutico, sobretudo do Hemisfério Norte, representando um crescimento de 276% da produção em 16 anos. De 1998 até 2012, a área mundial colhida com mirtilos aumentou 60%, passando de 48,9 para 81,1 mil hectares (FAO, 2015). Esse aumento de produção tem sido possível devido ao aprimoramento das técnicas de produção, surgimento de novas regiões produtoras da fruta e disponibilização de novas cultivares de menor exigência em frio hibernal, com maior potencial produtivo e melhor qualidade de frutos, resultando em ampliação da área de cultivo e oferta da fruta a prospectivos consumidores (BRAZELTON, 2011).

Além de principais produtores mundiais, os Estados Unidos e Canadá são também os maiores consumidores, mas suas produções não suprem a demanda interna. Desta forma, para ofertar fruta fresca no mercado durante o ano todo é necessário importá-la no período de entressafra, surgindo uma atrativa oportunidade de negócio, principalmente para os países da América do Sul (FACHINELLO, 2008; ANTUNES; MADAIL, 2007). No ano de 2013, os Estados Unidos importaram 103.502 toneladas de mirtilo, que somadas às importações canadenses, ultrapassam 123 mil toneladas de fruta. Neste mesmo ano, a Europa importou, principalmente via Holanda, 33.038 toneladas (FAO, 2016). Nesse período, essa grande demanda é atendida por frutos produzidos principalmente no Chile, maior produtor e exportador do hemisfério sul, bem como na Argentina, e mais recentemente no México e Uruguai (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2013).

A colheita de mirtilo nos países do Hemisfério Norte se inicia em maio e finaliza em outubro enquanto que nos países do Hemisfério Sul isto se dá entre outubro e abril, na entressafra do Hemisfério Norte. Esta condição comercial

favorece o mercado de exportação/importação, no qual os países importadores pagam altos preços, principalmente pela fruta fresca (FIGUEROA, 2005). As exportações chilenas de mirtilo para os EUA geraram 215 milhões de dólares em 2012 (USDA, 2013). Outros países como México, Peru, Colômbia, África do Sul e Brasil têm introduzido, nos últimos anos, plantios de mirtilo, com o objetivo de exportar a fruta ao Hemisfério Norte, visando principalmente os mercados europeus (BRAZELTON, 2013; VILLATA, 2012).

Com o objetivo de expandir suas áreas de cultivo, o México vem desenvolvendo programas de melhoramento genético para obtenção de variedades adaptadas a regiões em que antes não se produziam mirtilos, como no estado de Sinaloa, na divisa com os Estados Unidos. O país, que produz mirtilos entre outubro e junho, ingressou recentemente ao mercado mundial, e hoje conta com uma área aproximada de 2.500 hectares, metade das quais correspondem a plantios feitos nos últimos cinco anos (GONZÁLEZ, 2013). Este aumento de área colocou o país como o sexto maior produtor mundial (FAO, 2016), principalmente pela representatividade de suas exportações aos EUA, que em 2012, alcançaram mais de 28 milhões de dólares (USDA, 2013).

O Peru teve grande aumento na área plantada de mirtilo nos últimos anos, principalmente devido à introdução de cultivares de baixa exigência em frio. A área cultivada passou de 70 hectares em 2012 para 2250 ha no ano de 2015 (ROJAS, 2016). Este país está investindo cada vez mais recursos no setor agrícola e é muito competitivo, devido aos baixos custos de mão de obra, fator representativo no aumento dos custos de produção (MOLINA, 2012). Suas exportações ultrapassaram os 94 milhões de dólares em 2015, sendo três vezes maior que o ano anterior. Isto é um reflexo, não só do aumento da área plantada, como de novos mercados alcançados, que passaram de dez para vinte países parceiros. O Peru atualmente exporta seus mirtilos para os Estados Unidos, Holanda, Reino Unido e Hong Kong (ROJAS, 2016).

A partir de 2010, iniciaram-se estudos de aptidão de cultivares e de zoneamento climático para a introdução e cultivo de mirtileiros de baixa exigência em frio na Colômbia (CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL, 2010) que foram estabelecidos em estufas, como uma alternativa à produção de rosas para exportação. Até mesmo países já tradicionais na produção e exportação de mirtilo

estão introduzindo cultivares de baixa exigência em frio para expandir suas áreas de cultivo, como é o caso do Uruguai (FABIANI; MARTÍNEZ; CARLAZARA, 2001).

Embora bastante tradicional e conhecida no mercado mundial de mirtilos, a Argentina vem enfrentando alguns problemas com sua produção. O cultivo da fruta no país começou em 1998, e teve um rápido aumento da superfície plantada até 2009, principalmente nas províncias de Tucumán, Entre Rios e Buenos Aires. No entanto, com os menores preços pagos por suas frutas nos últimos anos, somados ao aumento do valor da mão de obra necessária para a colheita, muitos produtores argentinos não obtiveram rentabilidade com a cultura e eliminaram grandes áreas de cultivo em 2012 (PELAÉZ, 2012). Em contrapartida, a China, impulsionada por programas de incentivo governamental aumentou significativamente a área de mirtileiro em 64% em 2012, superando 11.000 hectares. Embora possua uma área plantada significativa, a expressão internacional ainda é pequena, pois além da produtividade chinesa ser baixa devido a problemas de adaptação das cultivares às condições edafoclimáticas locais, a maioria da produção deste país é vendida no mercado interno e, dessa forma, o volume exportado ainda não representa grande concorrência a outros países produtores (BRAZELTON, 2013).

O principal destino do mirtilo produzido no Brasil é a agroindústria, com 40% a 60% da fruta colhida vendida congelada para a indústria de sucos e geleias. A produção brasileira de mirtilos é insuficiente para abastecer as indústrias processadoras brasileiras e o Chile é responsável por abastecer 90% do volume dessa demanda de fruta do nosso país (NÚÑEZ; REY, 2009), fato este que evidencia um enorme potencial de expansão da produção nacional.

Embora o Brasil conte com importantes vantagens para a exportação de mirtilos frescos, por estar mais próximo dos mercados europeus, produzir em solos naturalmente ácidos, favoráveis ao desenvolvimento da cultura e pela disponibilidade de água (CANTUARIAS-AVILÉS, 2010), o volume exportado é baixo (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS - IBRAF, 2011).

O estado de São Paulo destaca-se como principal mercado consumidor da fruta *in natura*. A oferta ocorre o ano todo, sendo as frutas nacionais comercializadas entre os meses de novembro a abril e as importadas, principalmente do Chile, Argentina, Espanha, Itália e Portugal, durante os demais meses (FAGUNDES, 2007; COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO -

CEAGESP, 2014, informação pessoal[1]). Além disso, de acordo com o último censo do IBGE, 2010, a região de 312 mil km^2 que engloba as cidades de São Paulo, Campinas, Piracicaba, Ribeirão Preto, Belo Horizonte e Rio de Janeiro concentra uma população de 66 milhões de habitantes (IBGE, 2016), sendo um excelente mercado para comercialização de frutas. Knowles (2015) coloca o Brasil na lista dos principais mercados com potencial de crescimento das vendas de *berries*, incluindo o mirtilo.

Estima-se que no Brasil sejam cultivados aproximadamente 400 ha de mirtileiro, concentrados principalmente nos estados do Rio Grande de Sul, Santa Catarina e Paraná, com algumas áreas também em São Paulo e Minas Gerais (CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2014). A expansão deste cultivo no Brasil tem como principal fator limitante, a alta exigência em frio das cultivares disponíveis no país, com destaque para as do grupo *Rabbiteye*, tais como ‘Aliceblue’, ‘Bluegen’, ‘Briteblue’, ‘Climax’, ‘Delite’, ‘Powderblue’ e ‘Woodhard’, que necessitam de 300 a 650 horas anuais com temperaturas menores a 7,2 ºC para indução de seu florescimento.

No Sul do Brasil, em algumas localidades livres da ocorrência de geadas, cultiva-se variedades do grupo *Southern Highbush* como ‘Misty’ e ‘O’Neal’, introduzidas no ano 2000, a partir de mudas micropropagadas, importadas do Uruguai. Essas variedades apresentam menor exigência em frio hibernal, sendo destinadas à produção precoce da fruta, nos meses de outubro e novembro, visando atingir melhores preços nos mercados externos. No entanto, essas variedades ainda precisam de pelo menos 250 horas de frio hibernal para produzir, e não possuem boa adaptação em regiões de clima quente (AUSTRALIAN BLUEBERRY GROWERS’ ASSOCIATION, 2016).

2.1.2 O mirtileiro

O fruto do mirtileiro (*Vaccinium* spp.), também chamado de *blueberry* em inglês ou *arándano* em espanhol, é uma pequena baga que cresce em um arbusto caducifólio, de 1 a 3 metros de altura, pertencente à família Ericaceae, originário dos bosques da América do Norte e norte da Europa, sendo consumido pelo homem

[1] CEAGESP: COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO

desde a pré-história. De sabor ligeiramente agridoce, os mirtilos apresentam coloração arroxeada a azulada quando maduros, e são cobertos por uma cera natural denominada pruína. Estes pequenos frutos são conhecidos por suas propriedades nutracêuticas, atribuídas ao alto teor e grande diversidade de antioxidantes naturais e polifenóis, ultrapassando vários outros alimentos funcionais. Encontrada em abundância no mirtilo, a antocianina é responsável pela capacidade antioxidante da fruta, que inibe os radicais livres causadores de doenças degenerativas como o Mal de Alzheimer e de Parkinson (MORAES; COLLA, 2006; SEVERO et al., 2008). Além disso, possui uma grande quantidade de vitaminas, minerais e fibra alimentar, apresentando também baixos teores de gordura, sódio e calorias (SILVEIRA; VARGAS; ROSA, 2007). O consumo de mirtilos frescos está comprovadamente associado à prevenção de doenças como câncer, problemas cardiovasculares, deterioração cognitiva, disfunções da imunidade, catarata e degeneração macular (SEVERO et al., 2008; US HIGHBUSH BLUEBERRY COUNCIL, 2013). Diante de tantos benefícios, o mirtilo tem sido divulgado como fruto da longevidade (RASEIRA; ANTUNES, 2008).

Nos últimos anos, o mirtilo tem se popularizado não só por suas propriedades medicinais, mas também pela grande versatilidade culinária, passando a ser um ingrediente muito procurado em todo o mundo para elaboração de pratos de alta gastronomia, além de ser utilizado na fabricação de chás, tortas, bolos, pudins, biscoitos, sorvetes, geleias e compotas (CANTUARIAS-AVILÉS, 2010).

Embora o mirtilo seja classificado no mercado como sendo um único produto, existem cinco diferentes grupos de mirtileiros explorados comercialmente que variam entre si em porte, exigência em frio e classificação botânica, com diferentes espécies cultivadas. Os mirtileiros do grupo *Northern Highbush* (*Vaccinium corymbosum*) têm de 1,5 a 3 metros de altura e exigem de 650 a 1000 horas acumuladas de frio com temperaturas abaixo de 7,2 °C (NHF) para completar seu desenvolvimento. As plantas do grupo *Lowbush* (*V. angustifolium*) são baixas, com 0,5 metro, possuindo variedades que necessitam de 1000 a 1200 NHF. O grupo '*Half-High'* ou 'meia altura', em tradução livre, reúne híbridos de '*Northern Highbush'* e '*Lowbush*'. Crescem até 1,3 metro e também são bastante exigentes em frio hibernal, necessitando de 1000 a 1200 NHF. Já o '*Rabbiteye*' (*V. virgatum,* syn. *V. ashei* Reade) que possui de 1 a 3 metros e são bem menos exigentes em frio, quando comparados aos três grupos anteriores. Necessitam cerca de 300 horas de frio

anual, o que possibilitou o início da produção brasileira, embora apenas nos estados da região sul do país. O grupo *Southern Highbush* reúne híbridos interespecíficos entre *V. corymbosum*, *V. darrowii* e *V. virgatum* desenvolvidos para produzir frutos de melhor qualidade em condições de baixa ocorrência de frio hibernal. Seus diferentes híbridos possuem de 1 a 2 metros e, conforme o híbrido, necessita de 100 a 600 NHF (BREMER et al., 2008; MAINLAND, 1985; WILLIAMSON; LYRENE; OLMSTEAD, 2012; YÁNEZ, 2008).

Em 2010, houve a introdução no Brasil de cultivares de mirtileiros desenvolvidas pela Universidade da Flórida do grupo *Southern Highbush* com baixa a muito baixa exigência em frio, sendo a necessidade descrita entre 100 a 400 horas de frio hibernal (LYRENE, 2008). Entre as novas cultivares introduzidas, destaca-se ‘Emerald’, ‘Jewel’ e ‘Snowchaser’ (CANTUARIAS-AVILES, 2010). Nos Estados Unidos, muitos produtores estão substituindo as cultivares Sharpblue e Misty pelas novas cultivares de baixo requerimento em frio, como ‘Emerald’ e ‘Jewel’ (BRASWELL et al., 2009). Apesar de serem chamadas de cultivares ou variedades elas são na verdade híbridos obtidos a partir de cruzamentos entre mirtileiros altos do Norte, ou *Northern Highbush* (*V. corymbosum* L.) e a espécie silvestre *Vaccinium darrowi*, um arbusto baixo, originário da Flórida, sem exigência em frio (SHARPE; DARROW, 1960). Assim como esta espécie silvestre, muitas outras do gênero *Vaccinium* têm sido estudadas e selecionadas por apresentarem características importantes para programas de melhoramento varietal, seja pela maior adaptação a condições específicas de solo e clima, maior resistência a pragas e doenças, ou por apresentar um período de safra mais concentrado (BREVIS et al., 2008).

Lançada em 1999 pela Universidade da Flórida, a cultivar Emerald é um arbusto semiereto e suas plantas em campo atingem 1,5 m de altura. Por produzir grande número de gemas floríferas, ter grande potencial produtivo, maturação precoce de frutos, produzir frutos grandes e de qualidade e sua exigência em frio ser descrita como média a baixa (menos de 200 horas) é uma das cultivares mais plantadas no norte e centro da Flórida, EUA (LYRENE, 2008).

Outra cultivar do programa de melhoramento genético da Universidade da Flórida é a ‘Jewel’, lançada em 1998. Descrita como um arbusto ereto, vigoroso, de baixa exigência em frio, sua produtividade é alta, com produção precoce de frutos de alta qualidade. Embora com tamanho e firmeza de frutos ligeiramente menor do que

a ‘Emerald’, a ‘Jewel’ possui boa aceitação comercial (WILLIAMSON; LYRENE; OLMSTEAD, 2012).

O conhecimento das etapas de desenvolvimento dessas cultivares introduzidas, como emissão de brotações, crescimento dos ramos, florescimento, frutificação e produção são de grande interesse, pois fornece informações importantes sobre a adaptação das mesmas sob determinadas condições edafoclimáticas, além de auxiliar na adequação de práticas culturais e na caracterização do ciclo de produção e da época de maturação dos frutos (MORAIS et al., 2008).

Antunes et al. (2008) citam que as variações nos padrões fenológicos são consequências, tanto das características genéticas de cada cultivar, como de fenômenos climáticos, como temperatura e fotoperíodo, interferindo na floração e brotação. NeSmith (2006) concluiu que, dependendo da cultivar e do número de horas de frio acumulado no local, o período de florescimento pode ter uma variação de até 24 dias. Coletti (2009) verificou que o período entre a floração e a maturação é influenciado pelas condições edafoclimáticas e pelo vigor da planta.

Na Flórida, hemisfério norte, as plantas da cultivar Emerald floresceram na primeira quinzena do mês de fevereiro e a colheita ocorreu entre meados de abril a meados do mês de maio (WILLIAMSON; LYRENE; OLMSTEAD, 2012) com alta produção de frutos grandes, firmes e de sabor agradável embora desuniformes quanto ao amadurecimento das bagas e com um amplo período de colheita (LYRENE, 2008; WILLIAMSON et al., 2014). Já plantas da cultivar Jewel, floresceram em meados de fevereiro, com a colheita comercial sendo realizada da primeira semana de abril até a segunda semana de maio (WILLIAMSON et al., 2014). Plantas desta cultivar são plantadas intercaladas com ‘Emerald’, uma vez que esta última possui problemas de autoincompatibilidade, proporcionando melhor fixação de frutos (LYRENE, 2008).

Nas cidades de Citra e Haines City, também no estado da Flórida, a colheita das cultivares Jewel e Emerald iniciou-se no fim do mês de março, se estendendo até o começo de junho (MARINO et al., 2014). Esses mesmos materiais genéticos, cultivados em túneis altos na Georgia, EUA, demoraram 80 (‘Jewel’) e 105 (‘Emerald’) dias, do início da fase de florescimento até a fase final de maturação dos frutos (OGDEN; IERSEL, 2009). ‘Emerald’ e ‘Jewel’, plantadas a campo sob tela no

condado de Fresno, Califórnia, EUA, apresentaram produção de 3.603 e 4.265 kg hectare^{-1}, respectivamente (BREMER et al., 2008).

Os mirtilos são tradicionalmente produzidos em campo aberto, embora o cultivo em vasos em ambiente protegido permita aumentar significativamente a densidade de plantio, o que também exige maiores investimentos tecnológicos, como o uso de substratos vegetais e a necessidade da fertirrigação (CRUZAT; MANCILLA, 2011), o que permite ganhos significativos em produtividade, comparado ao sistema de produção convencional.

Nos Estados Unidos, Ogden e Iersel (2009) constataram que plantas de mirtilo cultivadas em ambiente protegido são maiores e mais precoces que as de campo aberto. Em ambiente protegido, as cultivares Emerald e Jewel apresentaram um melhor desenvolvimento vegetativo e florescimento antecipado quando comparadas às cultivadas em campo aberto, sendo que, para ‘Emerald’ a média da antecipação do florescimento foi de 38 dias enquanto para ‘Jewel’ foi de 39 dias, em dois anos de estudo. Além disso, o período de florescimento para a cv. Emerald ocorreu de 30 a 50 dias antes da cv. Jewel.

As etapas do desenvolvimento das cultivares variam muito entre os diferentes grupos de mirtileiros. No estado do Rio Grande do Sul, cultivares do grupo *Rabbiteye*, que são as mais comuns, floresceram entre os meses de agosto e outubro, com colheita estendendo-se por 37 dias, entre dezembro e janeiro, com produção máxima de 1,63 kg planta^{-1} nas cultivares Briteblue e Bluebelle e produção mínima de 0,35 kg planta^{-1} na cv. Clímax, sendo a produção em kg hectare^{-1} de 3.703 e 3.629 para ‘Bluebelle’ e ‘Briteblue’, respectivamente (ANTUNES et al., 2008). Em condições de ambiente protegido, também no sul do país, observou-se que na cv. Georgiagem, do grupo *Southern Highbush*, o florescimento ocorreu de meados de agosto a fim de outubro, enquanto a brotação se iniciou de uma a duas semanas após o início da floração e a colheita ocorreu entre meados de novembro até meados de dezembro (COLETTI, 2009). Nos grupos de maior exigência em frio hibernal, as etapas do desenvolvimento geralmente apresentam maior duração quando comparadas a cultivares pertencentes a um grupo de menor exigência.

2.1.3 Qualidade dos frutos

A qualidade dos frutos de mirtilo está muito associada à sua quantidade de ácidos fenólicos, flavonoides e capacidade antioxidante, além do teor de sólidos solúveis totais, acidez e tamanho.

Os compostos fenólicos englobam um dos três grandes grupos de substâncias produzidas no metabolismo secundário das plantas, sendo terpenos e alcaloides os outros dois. Fenóis são definidos como substâncias que possuem anel aromático no qual ao menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila, incluindo seus grupos funcionais (LEE et al., 2005), e englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização (BRAVO, 1998). Grande parte dos compostos fenólicos encontrados em alimentos pertence à classe de ácidos fenólicos, flavonoides, fenóis simples, cumarinas, ligninas, taninos e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007).

Derivados do ácido chiquímico ou mevalônico, estes compostos são responsáveis por diversas características apreciadas pelos humanos nos vegetais, tais como odor, sabor e coloração, que embora atrativos, nas plantas possuem outras funções, como atração de polinizadores, proteção contra os raios UV, insetos, fungos, vírus e bactérias. Outra função destes compostos em algumas espécies é a inibição do crescimento de outras plantas ao redor (alelopatia), evitando assim uma possível competição por água, luz e nutrientes. O ácido caféico e o ácido ferúlico são exemplos de fenóis de ação alelopática (NACZK; SHAHIDI, 2004; PERES, 2004; ANGELO; JORGE, 2007).

As propriedades benéficas dos compostos fenólicos para a saúde humana estão relacionadas com a capacidade antioxidante deles, capturando, desativando e eliminando radicais livres associados ao envelhecimento celular, câncer e outras doenças (RODRIGUES et al., 2011).

A determinação da quantidade de compostos fenólicos presentes em alimentos se divide em métodos que estimam compostos fenólicos totais, individuais ou de um grupo de fenóis (ANGELO; JORGE, 2007). Estes métodos apresentam algumas dificuldades, pois englobam grande quantidade de substâncias, são altamente reativos e suscetíveis à ação de enzimas, além de ter o resultado da análise influenciado pela natureza do composto, tamanho da amostra, tempo e condições de estocagem e, presença de demais compostos interferentes presentes

na amostra (SHAHIDI; NACZK, 1995). Um dos métodos mais utilizados para determinação de compostos fenólicos totais em vegetais é o espectrofotométrico, que utiliza o reagente Folin-Ciocalteau, descrito por Singleton e Rossi (1965). Este método não é específico, pois detecta todos os grupos de fenólicos presentes no extrato.

Huang et al. (2012) encontraram em mirtilos produzidos em Nanjing, no leste da China, maiores teores de compostos fenólicos quando comparado com morango e amora preta. Estudos conduzidos na Geórgia, importante estado produtor de mirtilo nos EUA, indicaram altos valores de compostos fenólicos para mirtilos do grupo *Rabbiteye*, amoras pretas e mirtilos do grupo *Southern Highbush*, além de altos valores de antocianinas e correlação entre estes fatores (SELLAPPAN; AKOH; KREWER, 2002). O teor de compostos fenólicos é variável não somente de acordo com o material genético estudado como também pelo local do cultivo (GÜNDÜZ; SERÇE; HANCOCK, 2014; RODRIGUES et al., 2011).

Pertencente à classe de flavonoides dos compostos fenólicos, as antocianinas compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997) e são as principais responsáveis por inúmeras tonalidades de cores compreendidas entre o azul e o vermelho, encontradas em flores, frutas, folhas e caule (BOBBIO; BOBBIO, 1995; MAZZA; MINIATI, 1993). Em plantas comestíveis, as antocianinas se encontram difundidas, no mínimo em 27 famílias, 73 gêneros e numa grande variedade de espécies (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997). O termo antocianina é de origem grega, podendo ser traduzida como “flor azul escura” (anthos = flor; kyanos = azul escuro) sendo encontrada em maior quantidade nas angiospermas (HARBORNE; GRAYER, 1988; BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997).

As funções desempenhadas pelas antocianinas nas plantas são várias: antioxidantes, proteção à ação da luz, mecanismo de defesa e função biológica (LOPES et al., 2007). Narayan et al. (1999) descreveram que as antocianinas são um potente antioxidante comparado com antioxidantes clássicos como butilato hidroxi-anisol, butilato hidroxitolueno e alfa tocoferol (vitamina E). As cores vivas e intensas que elas produzem têm um papel importante em vários mecanismos reprodutores das plantas, tais como a polinização e a dispersão de sementes.

A estrutura química básica das antocianinas é baseada em uma estrutura policíclica de quinze carbonos na forma C6-C3-C6 porém, ao contrário dos outros flavonóides, as antocianinas absorvem fortemente na região visível do espectro,

resultando em uma infinidade de cores (BROUILLARD, 1982). As antocianinas diferem entre si pelo número de hidroxilas, número e tipo de açúcares aderidos à molécula, posição em que se encontra o açúcar, número e natureza dos ácidos carboxílicos aderidos ao açúcar da molécula (KONG et al., 2003).

Devido sua solubilidade em água, as antocianinas ocorrem nos tecidos de plantas dissolvidas no fluido da célula vegetal, que geralmente apresenta pH levemente ácido (HAYASHI, 1962). Em solução aquosa, as antocianinas se encontram comumente na forma de uma mistura de diferentes estruturas químicas em equilíbrio: cátion flavilium (vermelho), base anidra quinoidal (azul), pseudo-base carbitol (incolor), e chalcona (incolor ou levemente amarela). Em pH abaixo de 2, as antocianinas apresentam-se basicamente na forma catiônica e com o aumento do pH, ocorre uma rápida desprotonação para formar a base quinoidal. Em meio aquoso, a hidratação do cátion flavilium leva ao equilíbrio entre a forma carbitol e chalcona. À temperatura ambiente, e em meio levemente acidificado, o equilíbrio entre as formas carbitol e chalcona é muito lento e leva horas para ser atingido. O aumento da temperatura desloca o equilíbrio na direção da formação da base chalcona (HEREDIA et al., 1998).

Encontrada em abundância no mirtilo, a antocianina é responsável pela capacidade antioxidante da fruta, que inibe os radicais livres causadores de doenças degenerativas como o Mal de Alzheimer e de Parkinson (MORAES; COLLA, 2006; SEVERO et al., 2008). Os pigmentos de origem antociânica do mirtilo têm sido largamente utilizados no melhoramento da acuidade visual e no tratamento de desordens circulatórias (SKREDE; WROLSTEAD; DURST, 2000). O fruto apresenta uma das maiores atividades antioxidantes (RODRIGUES et al., 2011) se comparado a outros frutos e vegetais, embora essa atividade seja muito variável entre as cultivares de mirtileiros (GÜNDÜZ; SERÇE; HANCOCK, 2014). Os níveis de compostos antioxidantes são tão interessantes, que diversos estudos foram realizados a fim de avaliar sua variação em diferentes materiais genéticos e sob influência de diferentes fatores ambientais (DU; QIAN, 2010).

A composição de antocianinas e de polifenóis dos grupos de variedades de mirtilo ‘*Highbush*’ doméstico (*Vaccinium corymbosium*), ‘*Lowbush*’ (*Vaccinium angustifolium*), ‘*Rabbiteye*’ (*V. virgatum,* syn*. V. ashei* Reade) e Mirtilo nativo europeu (*Vaccinium myrtillus*), são qualitativamente muito similares (SKREDE; WROLSTEAD; DURST, 2000). Em contrapartida, o teor de antocianinas varia

bastante, não só entre cultivares, como também entre as mesmas cultivares plantadas em locais diferentes (RODRIGUES et al., 2011). Segundo Belitz e Grosch (1997), as antocianinas presentes no mirtilo são predominantemente a Petunidina-3-Glicosideo, Cianidina-3-Glicosideo, Petunidina-Glicosideo, Delfinidina-3-Glicosideo, Delfinidina-3-Galactosideo e a Malvidina-3-Glicosideo. Outros flavonóides de importância são os flavonóis, incluindo o 3-O-Glicosideo da quercetina e campferol, catequina, epicatequina e diversas proantocianidinas. Koca e Karadeniz (2009) analisaram frutos de mirtilo *Vaccinium corymbosum* cultivados na Turquia e encontraram valores de concentração de antocianina variando de 25 a 18 mg 100 g^{-1}. Ribeira et al. (2010) avaliando as cultivares Bluegold, Legacy e Brigitta no sul do Chile, encontraram uma concentração de antocianina variando de 206 a 226 mg 100 g^{-1} de fruto fresco.

A quercetina (3,5,7,3'-4'- pentahidroxi flavona) é o principal flavonoide presente na dieta humana e o seu consumo diário estimado, varia entre 50 e 500 mg (DESCHNER, 1991). Segundo Behling et al. (2004), cebola, maçã couve e brócolis são as fontes majoritárias de quercetinas. As propriedades terapêuticas deste fenólico têm sido bastante estudadas, destacando-se o potencial antioxidante, anticarcinogênico e seus efeitos protetores aos sistemas renal, cardiovascular e hepático, sendo sua principal função, a remoção de radicais livres (LAKHANPAL; RAI, 2007; BEHLING et al., 2004).

Os efeitos defensivos de antioxidantes naturais em frutas e vegetais estão relacionados a três grandes grupos: ácido ascórbico, fenólicos como antioxidantes hidrofílicos e carotenoides como antioxidantes lipofílicos (HALLIWELL, 1996). Um dos métodos mais utilizados para medir a atividade antioxidante é através da captura do radical 2,2'- azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS). Através desta técnica, pode-se medir a atividade de compostos de natureza hidrofílica e lipofílica (RUFINO et al., 2007).

Outro método bastante empregado para determinar a atividade antioxidante de um componente é através do sequestro do radical livre DPPH e reduzi-lo à hidrazina. Quando uma substância entra em contato com uma solução de DPPH e doa átomos de hidrogênio, a hidrazina é obtida e, com isso, ocorre mudança na coloração da solução, de violeta a amarelo pálido (ALVES et al., 2010).

Outros parâmetros importantes que avaliam a qualidade dos mirtilos é o tamanho e peso do fruto, valor de pH, teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez,

atributos muito variáveis entre as cultivares. Frutos de ‘Emerald’, colhidos em plantas cultivadas sob túnel alto na Geórgia, EUA, apresentaram os maiores valores para SST (12,8 ºBrix) e antocianinas (101 mg 100 g^{-1}) quando comparados a frutos de ‘Jewel’, que apresentaram 11,6 ºBrix e 83 mg 100g^{-1}, para ambas as variáveis, respectivamente. Estas diferenças não foram observadas para diâmetro e massa, que apresentaram médias de 9,7 mm e 1,14 g $fruto^{-1}$, respectivamente (OGDEN; IERSEL, 2009). Frutos de ‘Snowchaser’, cultivar pertencente ao mesmo grupo das cvs. Jewel e Emerald e avaliados na região de Piracicaba - SP, apresentaram valores médios de diâmetro no dia da colheita de 13,5 mm (JIMENES et al., 2015).

No estado americano de Oregon, a cultivar Jewel, obteve frutos pesando 2,05 g $fruto^{-1}$ com um teor de SST 14,1 °Brix, pH 3,82 e acidez 0,41%, enquanto na Geórgia, os frutos pesaram 2,35 g $fruto^{-1}$, com teor de SST 12,30 °Brix, pH 3,23 e acidez 0,64%. Frutos das cultivares Emerald e Jewel plantadas em Oregon, apresentaram desempenho similar, diferindo apenas no peso, que foi superior para frutos de ‘Emerald’, que apresentaram em média 2,47 g $fruto^{-1}$ (GÜNDÜZ; SERÇE; HANCOCK, 2014).

Em frutos congelados de cultivares do grupo *Rabbiteye* (*Vaccinium virgatum*), muito comum na região Sul do Brasil, foram encontrados valores médios de pH entre 2,56 e 2,67 e SST entre 12,0 e 13,2 °Brix (MORAES et al., 2007). Ribeira et al. (2010) realizaram um estudo no sul do Chile com frutos de mirtilo *Vaccinium corymbosum,* cultivares Bluegold, Legacy e Brigitta em campo e verificaram valores de massa variando de 1,23 a 1,30 gramas por fruto, diâmetro de 12,7 a 13,1 mm, teor de SST entre 13,31 a 14,72 ºBrix, acidez titulável entre 0,87 a 1,10% de ácido cítrico e concentração de antocianina variando de 206 a 226 mg 100 g^{-1} de fruto fresco.

Referências

ALVES, C.Q.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P.; BAHIA, M.V.; AGUIAR, R.M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, p. 232-240, 2007.

ANTUNES, L.E.C.; MADAIL, J.C.M. **Mirtilo:** uma oportunidade de negócios. 2007. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/fruta/700/Mirtilo>. Acesso em: 08 abr 2014.

ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; RISTOW, N.C.; CARPENEDO, S.; TREVISAN, R. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 43, n. 8, p. 1011-1015, 2008.

AUSTRALIAN BLUEBERRY GROWERS' ASSOCIATION. **Variety descriptions**. Disponível em: <http://www.abga.com.au/growing/variety-descriptions/category/northern-*Highbush*-copy>. Acesso em: 27 abr. 2016.

BEHLING, E.B.; SENDÃO, M.C.; FRANCESCATO, H.D.C.; ANTUNES, L.M.G.; BIANCHI, M.L.P. Flavonoide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, p. 285-292, 2004.

BELITZ, H.; GROSCH, W. **Química de los** alimentos. Zaragoza: Ed. Acribia, 1997. 840 p.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 222 p.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutriotion significance. **Nutricion Reviews**, New York, v. 56 n. 11, p. 317-333, 1998.

BRASWELL, J.; STRINGER, S.J.; SAMPSON, B.J.; INGRAHM, D. **Establishment and maintenance of blueberries.** Wooster: USDA, ARS, 2009. 20 p. (Extension Publications, nº).

BRAZELTON, C. **World blueberry acreage & production**. Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2011. 51 p.

_____. **World blueberry acreage & production**: report. Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2013. 77 p.

_____. **World blueberry acreage & production:** annual report. Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2015. 36 p.

BREMER, V.; CRISOSTO, G.; MOLINAR, R.; JIMENEZ, M.; DOLLAHITE, S.; CRISOSTO, C.H. San Joaquin Valley blueberries evaluated for quality attributes. **California Agriculture**, Davis, v. 62, p. 91-96, 2008.

BREVIS, P.A.; BASSIL, N.V.; BALLINGTON, J.R.; HANCOCK, J.F. Impact of wide hybridization on highbush blueberry breeding. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 133, p. 427–437, 2008.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. **Food Chemistry**, Barking, v. 58, n. 12, p. 103-109, 1997.

BROUILLARD, R. Chemical structure of anthocyanins In: MARKAKIS**,** P. (Ed.). **Anthocyanins as food color.** New York: Academic Press, 1982. p. 1–40.

CANTUARIAS-AVILÉS, T. **Cultivo do mirtileiro (*Vaccinium* spp.).** Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca e Documentação, 2010. 38 p. (Série Produtor Rural, 48).

CANTUARIAS-AVILÉS, T.; SILVA, S.R. da; MEDINA, R.B.; MORAES, A.F.G.; ALBERTI, M.F. Cultivo do mirtilo: atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36 n. 1, p. 139-147, 2014.

COLETTI, R. **Fenologia, produção e superação da dormência do mirtilo em ambiente protegido.** 2009. 87 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. **Sabana de Bogotá apta para la siembra del arándano.** 2010. Disponível em: <http://www.cci.org.co/ccinew/pdf/SEMBREMOS/OCTUBRE%202010%20REVISTA%2014/oportunidades.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2016.

CRUZAT, R.; MANCILLA, B. **Resultados y lecciones en sustratos de arándanos en condiciones de aridez:** proyecto de Innovación en la región de Coquimbo. Serie Temuco: Fundación para la Innovación Agraria, Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario, 2011. 46 p.

DESCHNER, E. E.; RUPERTO, J.; WONG, G.; NEWMARK, H. L. Quercetin and rutin as inhibitors of azoxymethanol-induced colonic neoplasia. **Carcinogenesis**, London, v. 7, p. 1193-1196, 1991.

DU, X.; QIAN, M. Flavor chemistry of small fruits: blackberry, raspberry, and blueberry. **American Chemical Society**, Washington, v. 1035, p. 27-44, 2010.

FABIANI, A.; MARTÍNEZ, C.; CARLAZARA, G. Cultivo del Arándano en la zona del Río Uruguay. **Idia XXI,** Buenos Aires, v. 21, p. 105-110, 2001.

FACHINELLO, J.C. Mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 285-288, 2008.

FAO. **FAOSTAT:** production crops, 2015. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 08 out. 2015.

_____. **FAOSTAT:** production crops, 2016. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 08 fev. 2016.

FAGUNDES, P.R.S. Mercado e comercialização de amora, mirtilo e framboesa. Instituto de economia agrícola. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 2, n. 12, p. 3, 2007.

FIGUEROA, G. **Estudio de factibilidad de la producción de arándano en Catamarca.** Catamarca: Ministerio de Producción y Desarrollo, 2005. Disponível em: <http://www.produccioncatamarca.gov.ar/Publicaciones/bibl_ficha.asp?id=9>. Acesso em: 20 fev. 2015.

GONZÁLEZ, C. **Alternativas del arándano**. Santiago de Chile: ODEPA, 2013. 6 p.

GÜNDÜZ, K.; SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. Variation among *Highbush* and *Rabbiteye* cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 38, p. 69-79, 2014.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 16, p. 33-50, 1996.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J. The anthocyanins. In: HARBORNE, J.B; MABRY, T.J. (Ed.). **The flavonoids:** advances in research since 1980. London: Chapmam & Hall, 1988. p. 1-20.

HAYASHI, K. The Anthocyanins. In: GEISSMAN, T.A. (Ed.). **The chemistry of flavonoid compounds.** New York: The MacMillian, 1962. chap. 9, p. 248-285.

HEREDIA, F.J.; FRANCIA-ARICHA, E.M.; RIVAS-GONZALO, J.C.; VICARIO, I.M.; SANTOS-BUELGA, C. Chromatic characterization of anthocyanins from red grapes, pH effect. **Food Chemistry**, London, v. 63, n. 4, p. 491-498, 1998.

HUANG, W.; ZHANG, H.; LIU, W.; LI, C. Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry, and strawberry in Nanjing. **Journal of Zhejiang University Science B**, Zhejiang, v. 13, n. 2, p. 94-102, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Estatísticas**, 2011. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exporta%C3%A7%C3%A3o/Comparativo_das_Exporta%C3%A7%C3%B5es_Brasileiras_de_Frutas_frescas_2010-2009.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Grade estatística 2010**. Disponível em: <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default.html>. Acesso em: 02 maio 2016.

JIMENES, I.M.; SILVA, R.S.; TEZOTTO-ULIANA, J.V.; CANTUARIAS-AVILES, T.E. Comportamento pós-colheita de mirtilos da variedade ‘Snowchaser’ armazenados à temperatura ambiente In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, FLORES E HORTALIÇAS, 1., 2015, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Aracaju, 2015. 4 p.

KOCA, I.; KARADENIZ, B. Antioxidant properties of blackberry and blueberry fruits grown in the Black Sea Region of Turkey. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 121, n. 10, p. 509-536, 2009.

KONG, J.M.; CHIA, L.S.; GOH, N.K.; CHIA, T.F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, New York, v. 64, p. 923–933, 2003.

KNOWLES, M. **Global Berry Congress**: annual survey 2015; results and analysis. Rotterdam: Eurofruit Magazine, 2015. 41 p.

LAKHANPAL, P.; RAI, D.K. Quercetin: a versatile flavonoid. **Journal of Medical Update**, Mauritius, v. 2, n. 2, p. 16, 2007.

LEE, S.J.; UMANO, K. SHIBAMOTO, T.; LEE, K.G. Identification of volatilecomponents in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, Easton, v. 91 n. 1, p. 131-137, 2005.

LOPES, T.J.; XAVIER, M.F.; QUADRI, M.G.N.; QUADRI, M.B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, 2007.

LYRENE, P.M. 'Emerald' Southern highbush blueberry. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 5, p. 1606-1607, 2008.

MAINLAND, C.M. Some problems with blueberry leafing, flowering and fruiting in a warm climate. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 165, p. 29-34, 1985.

MARINO, S.; WILLIAMSON, J. G.; OLMSTEAD, J.; HARMON, P. F. Vegetative Growth of three Southern highbush blueberry cultivars obtained from micropropagation and softwood cuttings in two Florida locations. **HortScience**, Alexandria, v. 49, n. 5, p. 556-561, 2014.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains.** London: CRC Press, 1993. 362 p.

MOLINA, F.B. **Arándano:** la nueva estrella de la agro exportación peruana. 2012. Disponível em: <http://www.portalfruticola.com/2012/09/03/arandano-la-nueva-estrella-de-la-agro-exporta cion-peruana/?pais=brazil>. Acesso em: 20 dez. 2014.

MORAES, F.P.; COLLA, LM. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

MORAIS, H.; CARAMORI, P.H.; KOGUISHI, M.S.; RIBEIRO, A.M.A. Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 257-260, 2008.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography.** Series A, Amsterdam, v. 1054, n. 1/2, p. 95-111, 2004.

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

NeSMITH, D.S. Fruit development period of several Rabbiteye blueberry cultivars. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 715, p. 137-142, 2006.

NÚÑEZ, E.; REY, V.P.M. **Viabilidade econômica da produção de mirtilo (*Vaccinium* spp.).** 2009. 39 p. Trabalho de Conclusão (MBA em Agronegócios) – Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Agronegócio, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

OGDEN, A.B.; IERSEL, M.W.V. Southern highbush blueberry production in high tunnels: temperatures, development, yield and fruit quality during the establishment years. **HortScience**, Alexandria, v. 44, n. 7, p. 1850-1856, 2009.

PELAÉZ, I. **Mantener los precios es el desafío para los arándanos argentinos**, 2012. Disponível em:<http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=67263>. Acesso em: 16 maio 2015.

PERES, L.E.P. **Metabolismo secundário.** Piracicaba: ESALQ, 2004. 26 p.

RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L.E.C. **A cultura do mirtilo.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 64 p. (Documento, 121).

RIBEIRA, A.E.; REYES-DIAZ, M.; ALBERDI, M.; ZUÑIGA, G. E.; MORA, M. L. Antioxidant compounds in skin and pulp of fruits change among genotypes and maturity stages in Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* l.): grown in Southern Chile. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition,** Temuco, v. 10, n. 4, p. 509-536, 2010.

RODRIGUES, E.; POERNER, N.; ROCKENBACH, I.I.; GONZAGA, L.V.; MENDES, C.R.; FETT, R. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, p. 911-917, 2011.

ROJAS, N. **El cultivo del arándano en Perú:** agronegocios Disponível em: <http://agronegociosperu.org/el-cultivo-del-arandano-en-peru/>. Acesso em: 02 fev. 2016.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; DE BRITO, E.S.; DE MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica:** determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS +. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 128).

SELLAPPAN, S.; AKOH, C.C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 2432-2438, 2002.

SEVERO, J.; MONTE, F.G.; CASARIL, J.; SCHREINERT, R.S.; ZANATTA, O.; ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante de morango e mirtilo. In: SIMPÓSIO DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 103.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Antioxidant proprieties of food phenolics. In: SHAHIDI, F.; NACZK, M. (Ed.). **Food phenolics:** sources, chemistry, effects and applications. Lancaster: Technomic Publ., 1995. p. 235-273,

SHARPE, R.H.; DARROW, G.M. Breeding blueberries for the Florida climate. **Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v. 66, p. 188–190, 1960.

SILVEIRA, N.G.A.; VARGAS, P.N.; ROSA, C.S. Teor de polifenóis e composição química do mirtilo do grupo *Highbush*. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 4, p. 365-370, 2007.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144-158, 1965.

SKREDE, G.; WROLSTEAD, R.E.; DURST, R.W. Changes in anthocyaninas and polyphenolics during juice processing of Highbush blueberries (*Vaccivium corymbosum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 2, p. 357-364, 2000.

US HIGHBUSH BLUEBERRY COUNCIL. 2013. Disponível em: <http://blueberry.org>. Acesso em: 13 maio 2014.

UNITED STATES DEPATMENT OF AGRICULTURE. **Economics, statistics and market information system.** Washington: U.S. Blueberry Industry, 2013. Disponível em: <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1765>. Acesso em: 14 abr. 2016.

VILLATA, M. **Trends in world blueberry production**. 2012. Disponível em:<http://www.growingproduce.com/article/26272/2/trends-in-world-blueberry-production>. Acesso em: 13 maio 2014.

WILLIAMSON, J.G.; LYRENE, P.M.; OLMSTEAD, J.W. **Blueberry gardener's guide.** Gainesville: EDIS, 2012. 8 p. (Circular, 1192).

WILLIAMSON, J.G.; OLMSTEAD, J.W.; ENGLAND, G.K.; LYRENE, P.M. **Southern highbush blueberry cultivars from the University of Florida**. Gainesville: Horticultural Sciences Department, 2014. 8 p. (HS, 1245).

YÁNEZ, I. M. P. **Perspectivas en el mercado de los arándanos:** otro ejemplo del 'efecto kiwi' en la agricultura? Talca: Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Empresariales, Centro para el Desarollo de Negocios Internacionales, 2008. 28 p. (CENI. Series Estudios, ano 1, n. 1).

3 MIRTILEIROS ‘EMERALD’ E ‘JEWEL’ CULTIVADOS EM REGIÃO SEM FRIO HIBERNAL

Resumo

Em resposta à alta demanda de mercados consumidores, produtores de regiões e países que anteriormente não cultivavam o mirtileiro, iniciaram seus plantios nos últimos anos. O clima, porém, é um fator limitante à expansão de novas áreas para este cultivo, uma vez que esta planta, originária de regiões temperadas, necessita acumular alto número de horas de frio hibernal, com temperaturas abaixo de 7,2 °C, para florescer e produzir. Desta forma, o cultivo de mirtileiro no Brasil com cultivares tradicionais está restrito aos estados da região sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, e a pequenas regiões de altitude no estado de São Paulo e Minas Gerais. O desempenho das cultivares Emerald e Jewel, desenvolvidas pela Universidade da Flórida para baixa exigência em frio foi avaliado em Piracicaba – SP, região sem ocorrência de frio hibernal no período de maio de 2014 a maio de 2015 para a caracterização das fases de crescimento vegetativo, brotação, florescimento, frutificação e produção de frutos. O crescimento dos ramos ocorre até o início da produção, interrompendo-se em seguida. A cultivar Emerald apresenta dois picos de florescimento e frutificação, com a colheita principal ocorrendo de agosto a outubro, enquanto a cultivar Jewel apresenta dois picos de emissão de botão floral, mas apenas um pico de florescimento e uma colheita que ocorre entre os meses de outubro e janeiro. A produção ocorre durante o período de entressafra do mercado interno e externo, que possibilita melhores preços da fruta. É possível produzir as cultivares de mirtileiros Jewel e Emerald em região subtropical, mas a exigência de um número de horas de frio para estimular a emissão de botão floral e o florescimento é mais baixa do que a recomendada na literatura.

Palavras-chave: *Vaccinium* Spp.; Desenvolvimento vegetativo; Florescimento; Frutificação; Número de horas de frio

Abstract

In response to a high demand of consumer markets, regions and countries that did not grow blueberry, started its cultivation in recent years. The climate is a limiting factor to cultivate blueberry trees in new areas, once this plant, originally from temperate regions, has high chill requirements. Traditional cultivars need temperatures under 7.2 ºC to flower and set fruit. Thus, blueberry growth in Brazil using the traditional cultivars is restricted to the southern states, such as Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, and to small regions in São Paulo and Minas Gerais states. The performance of Emerald and Jewel cultivars, released by University of Florida, for low chill requirement, was assessed in Piracicaba – SP. The experiment was carried out from May 2014 to May 2015 in order to characterize vegetative growth stages, bud break, flowering, fruit ripening and yield. Vegetative growth occurs until flowering period. ‘Emerald’ has two peaks of flowering and fruiting, with the main harvest taking place from August to October, while the cultivar Jewel has two bud breaks peaks, but only one peak of flowering with harvest between October and January. Fruit ripening occurs during the off-season of the domestic and northern hemisphere markets, resulting in higher fruit prices. The results indicate that it is possible to cultivate ‘Jewel’ and ‘Emerald’ in subtropical

regions because chill requirement to induce bud and flowering break is much lower than indicated in the literature.

Keywords: *Vaccinium* spp.; Vegetative growth; Flowering; Fruiting; Chill requirement

3.1 Introdução

A grande demanda por mirtilos, principalmente por suas propriedades nutracêuticas e versatilidade gastronômica fez com que a produção mundial, liderada por Estados Unidos, Canadá, Chile, Polônia e Alemanha, tenha aumentado expressivamente nos últimos anos, passando de aproximadamente 144 no ano de 1998 para 540 mil toneladas em 2014 (BRAZELTON, 2015; FAO, 2016).

Estados Unidos e Canadá são também os maiores consumidores de mirtilo, mas suas produções não suprem a demanda interna, sendo necessário importa-lo no período de entressafra, surgindo com isso uma atrativa oportunidade comercial, principalmente para os países da América do Sul (FACHINELLO, 2008; ANTUNES; MADAIL, 2007) onde se destacam tradicionalmente o Chile, Uruguai e Argentina e mais recentemente países como México, Peru, Colômbia e Brasil que têm introduzido plantios de mirtilo com o objetivo de exportá-lo, visando principalmente os mercados europeus (BRAZELTON, 2013; VILLATA, 2012). Embora o volume de mirtilos frescos exportado pelo Brasil ainda seja baixo (IBRAF, 2011), o país possui algumas vantagens para a exportação principalmente a proximidade dos mercados europeus e solos naturalmente ácidos, favoráveis ao desenvolvimento da cultura (CANTUARIAS-AVILÉS, 2010).

No Brasil, o estado de São Paulo destaca-se como principal consumidor da fruta *in natura*, que é ofertada pelo mercado nacional entre os meses de novembro a abril enquanto as importadas, principalmente do Chile, Argentina, Espanha, Itália e Portugal, são ofertadas entre os meses de maio a outubro (FAGUNDES, 2007; CEAGESP, 2014, informação pessoal[2]).

Por ser uma planta originária de clima temperado, o mirtileiro possui alta exigência em frio hibernal, necessitando de um número de horas com temperaturas abaixo de 7,2 °C, variável de acordo com a cultivar para florescer. Consequentemente, no Brasil, o plantio das cultivares tradicionais de mirtileiro está restrito aos três estados da região sul e às regiões de altitude no estado de São

[2] CEAGESP: Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo

Paulo e Minas Gerais (CANTUARIAS-AVILÉS, 2014, informação pessoal[3]). As cultivares mais plantadas no país são do grupo *Rabbiteye* que necessitam de 300 a 650 horas de frio para iniciar o florescimento. Em algumas localidades no sul do Brasil, livres da ocorrência de geadas, cultivam-se variedades do grupo *Southern Highbush* como 'Misty' e 'O'Neal', introduzidas no ano 2000, que exigem pelo menos 250 horas de frio hibernal para produzir e não possuem boa adaptação em regiões de clima quente.

Em 2010, o Brasil introduziu cultivares de mirtileiros desenvolvidas pela Universidade da Flórida do grupo *Southern Highbush*, com baixa a muito baixa exigência em frio hibernal, entre 100 a 400 horas (LYRENE, 2008). Isso possibilitaria uma expansão das áreas de cultivo de mirtilo, a diversificação da produção frutícola paulista e, principalmente para pequenos produtores em áreas pouco rentáveis com o cultivo da cana-de-açúcar, a maximização de suas áreas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho das cultivares Emerald e Jewel plantadas em região subtropical, sem ocorrência de frio hibernal.

3.2 Material e Métodos

O desempenho horticultural das cultivares de mirtileiro Jewel e Emerald foi avaliado entre os anos de 2014 e 2015, em ambiente semiprotegido na Chácara Catavento, localizada no município de Piracicaba-SP (22° 43' 30" de latitude Sul e 47° 38' 51" de longitude Oeste, clima Cwa, segundo Köppen-Geiger). As médias mensais de temperaturas mínimas, máximas e médias (Anexo A) foram obtidas da Estação Meteorológica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ESALQ-USP distante aproximadamente 7,0 km da área experimental (Apêndice A). A temperatura do ar medida a cada 15 minutos nesta mesma estação meteorológica foi compilada para cálculo do número de horas com temperatura abaixo de 7,2; 10; 12 e 15 ºC.

Plantas de três anos de idade, conduzidas em vasos de 10 litros contendo substrato comercial à base de casca de pinus e fertirrigadas de acordo com as recomendações para a cultura (CANTUARIAS-AVILÉS, 2010) foram podadas a uma altura de 20 centímetros em dezembro de 2013.

[3] CANTUARIAS-AVILÉS, T. Pesquisadora e consultora em fruticultura.

As novas brotações emitidas foram avaliadas em 30 plantas de cada cultivar, a partir do mês de maio de 2014, quanto às seguintes variáveis:

(i) Desenvolvimento vegetativo e brotação: em um ramo selecionado por planta foram contados 12 nós a partir do ápice meristemático do ramo e então feita uma marcação para a medição do comprimento do mesmo a cada quatro semanas com auxílio de uma trena graduada, da região previamente marcada até o último par de folhas. Calculou-se o crescimento médio dos 30 ramos por mês para ambas as cultivares, subtraindo do comprimento do mês atual, o valor do mês anterior, que foi expresso em cm mês^{-1}. As brotações oriundas dos ramos selecionados foram contabilizadas, considerando os fluxos primários, brotações dos ramos marcados e fluxos secundários, brotações dos fluxos primários, para avaliar o vigor da planta, sendo os resultados expressos em número médio de brotações por mês.

(ii) Caracterização das fases de florescimento e frutificação: foram avaliadas quinzenalmente em dois ramos selecionados por planta, em cada uma das cultivares. A duração do período de florescimento foi computada com a contagem dos botões florais e flores, até que estas perdessem as pétalas, enquanto que a frutificação foi caracterizada considerando o período compreendido desde o intumescimento do ovário floral até a colheita dos frutos.

(iii) Produção de frutos: foi estimada através da média do número frutos por ramo, obtida pela contagem dos mesmos nos dois ramos selecionados por planta, que multiplicado pela média de ramos produtivos contados em sete plantas por cultivar, resultou na produção em frutos planta^{-1}. A produção em kg planta^{-1} foi obtida multiplicando o número de frutos por planta pela massa média dos frutos aferida para cada cultivar.

(iv) Estimativa da produtividade: foi computada multiplicando-se a estimativa de produção em quilos por planta pelo número de plantas cultivadas em um hectare, que foi de 6.250 plantas, distribuídas no espaçamento de 2,20 x 0,80 metros.

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, sendo 30 plantas avaliadas por cultivar. Os dados referentes ao desenvolvimento vegetativo, brotação, florescimento, frutificação e produção foram submetidos a análises descritivas, através de figuras que expressam a evolução das fases do desenvolvimento ao longo das avaliações.

3.3 Resultados e Discussão

Para a cultivar Emerald, o crescimento médio dos ramos ocorreu em dois períodos principais, sendo o maior observado no mês de junho e o menor no mês de outubro, ambos seguidos da emissão de novas brotações (Figura 1 A). Eventuais reduções no número de brotações entre uma medição e outra são atribuídas a quebras ou mortes das mesmas.

Já o crescimento dos ramos da cv. Jewel foi menor que da cv. Emerald, com o primeiro fluxo ocorrendo no mês de junho e o segundo entre os meses de novembro e dezembro. O aumento do número de brotações ocorreu em três picos, outubro de 2014 e janeiro e fevereiro de 2015 (Figura 1 B).

Observou-se que em plantas podadas houve um primeiro fluxo significativo de crescimento dos ramos, em ambas as cultivares no mês de junho, favorecido pelo vigor das brotações que floresceram, produziram e depois pararam de crescer. Serão as novas brotações, emitidas desses ramos que irão completar um novo ciclo produtivo. A prática da poda é interessante em plantas de mirtileiro conduzidas em vasos, pela consequente renovação dos ramos produtivos e contenção do desenvolvimento das mesmas em recipiente restrito ao desenvolvimento do sistema radicular.

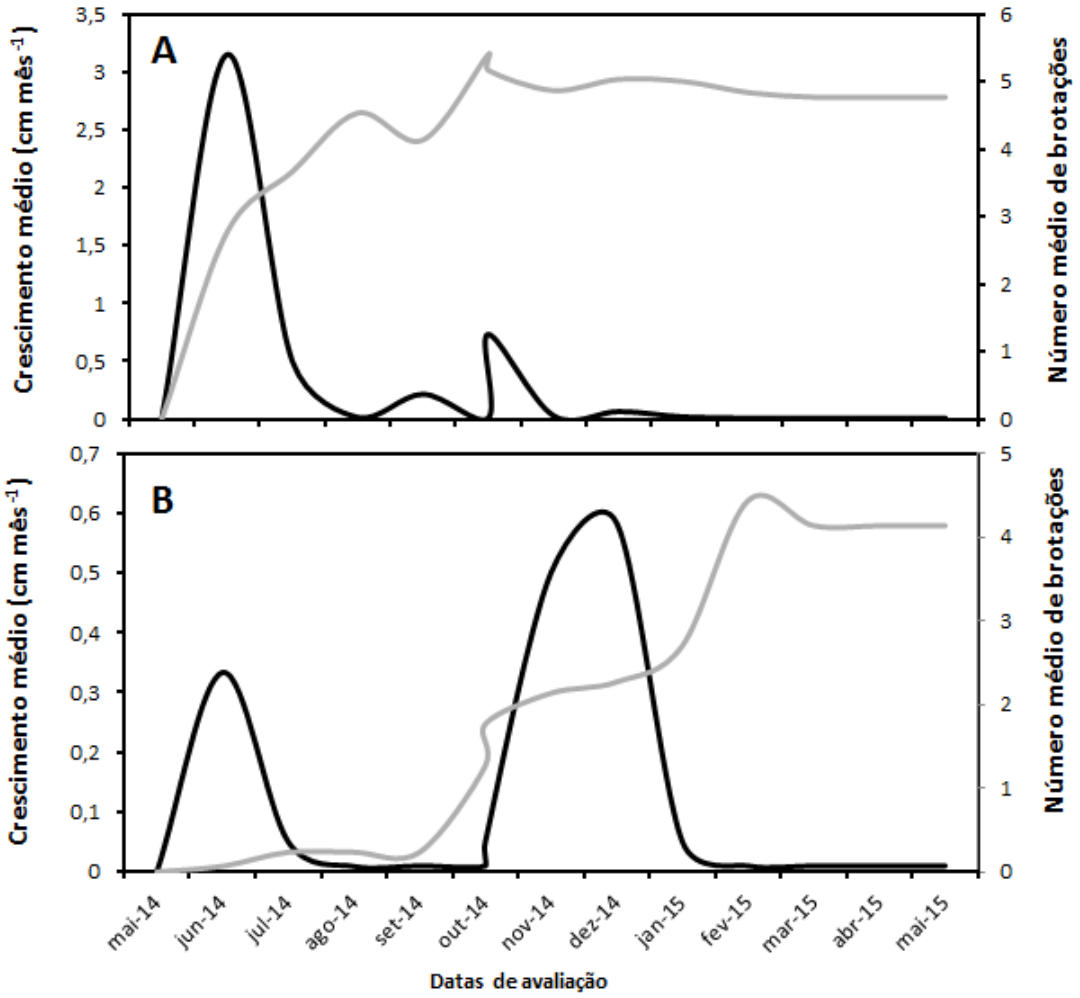

Figura 1 - Crescimento médio de ramos (em preto) e número médio de brotações (em cinza) para as cultivares Emerald (A) e Jewel (B) em Piracicaba - SP

As épocas de florescimento e frutificação das cultivares Emerald e Jewel são mostradas na figura 2. Cerca de 50% dos botões florais da cultivar Emerald foram emitidos entre 30 de maio e 27 de junho de 2014, resultando em um primeiro pico de florescimento entre meados de junho e final de julho. A duração da fase de florescimento foi de 56 dias, embora 42% das flores emitidas tenham se concentrado em 14 dias, o que ocorreu entre 11 e 25 de julho. A colheita iniciou-se em agosto, sendo o pico no início de setembro. Entre 08 de agosto e 17 de outubro, 75% dos frutos foram colhidos. Um segundo pico da emissão de botão floral ocorreu na terceira semana de setembro que culminou com o florescimento na primeira de outubro, resultando em frutos maduros a partir da segunda quinzena de novembro, que se estendeu até o início de janeiro de 2015. O período de colheita observado para esta cultivar é muito interessante do ponto de vista comercial, pois a entressafra do Hemisfério Norte ocorre entre os meses de agosto a março e nesse

período faltam frutos no mercado para abastecer tanto o consumo como as exportações dos Estados Unidos e Canadá. Apenas os Estados Unidos importaram nestes meses, no ano de 2012, mais de 88 mil toneladas de mirtilo, representando mais de 382 milhões de dólares (USDA, 2013).

A cultivar Jewel se mostrou mais tardia que ‘Emerald’, com o principal pico de emissão de botões florais ocorrendo na terceira semana de setembro e o florescimento na primeira semana de outubro. O período entre o início e o fim do florescimento foi mais concentrado que em ‘Emerald’, ocorrendo em 30 dias e a colheita mais tardia, iniciando-se em 31 de outubro de 2014 e finalizando em 09 de janeiro de 2015. Cerca de 85% dos frutos foram colhidos nesse período, sendo a produção mais tardia que ‘Emerald’, porém mais concentrada. Também foi observado um novo pico de emissão de botões florais no início de fevereiro de 2015, que não completaram seu desenvolvimento, devido principalmente às altas temperaturas ocorridas no período (Anexo A).

Diferenças entre estas cultivares foram relatadas. Zee et al. (2006) também observaram um florescimento mais tardio para a cultivar Jewel em relação a ‘Emerald’, o que também foi confirmado por Ogden e Iersel (2009) e Lyrene (2008).

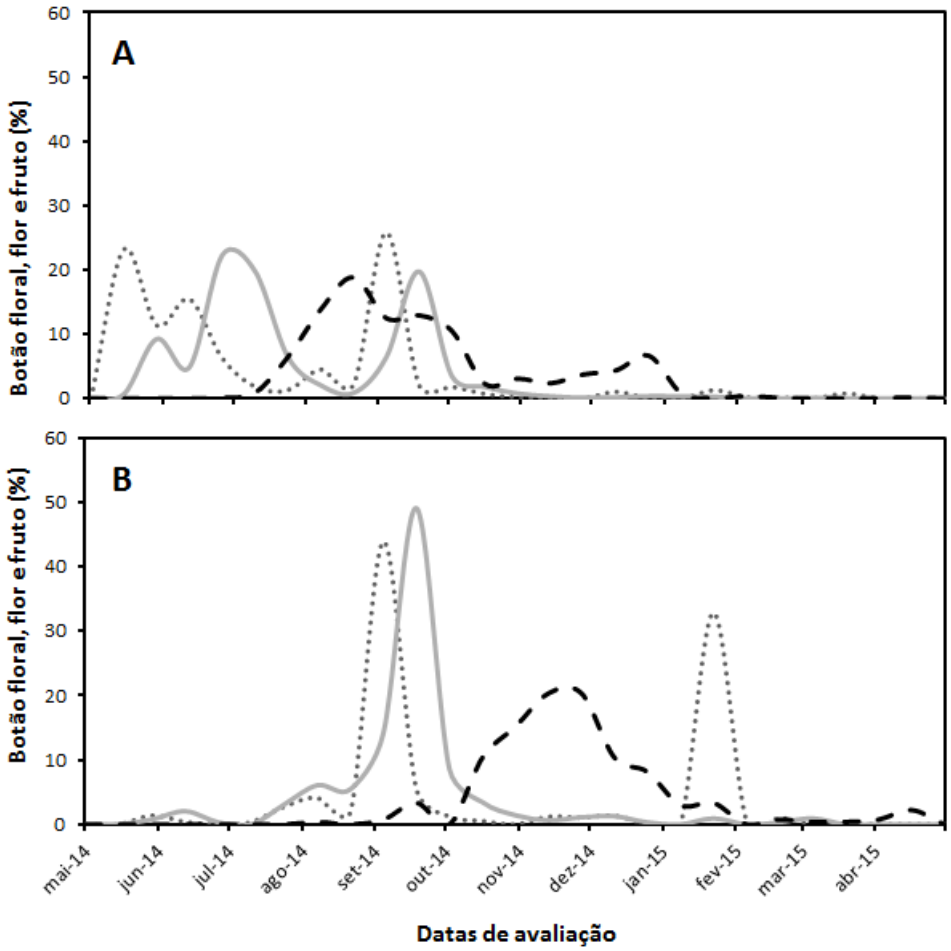

Figura 2 – Porcentagem de emissão de botão floral (linha pontilhada) e flores (linha cheia) e porcentagem de frutos colhidos (linha tracejada) para as cultivares Emerald (A) e Jewel (B) em Piracicaba - SP

Coletti (2009) observou que em Passo Fundo - RS, a cultivar Georgiagem, do grupo *Southern Highbush*, assim como 'Jewel' e 'Emerald', cultivada em ambiente protegido floresceu entre meados de agosto a fim de outubro, com a colheita ocorrendo entre meados de novembro até meados de dezembro. Houve para esta cultivar um único período de florescimento, mais longo que o observado para as cultivares 'Jewel' e 'Emerald', o que deve ser atribuído às diferentes condições climáticas de cultivo entre as regiões.

Na Flórida, EUA, plantas da cultivar Emerald floresceram de janeiro a fevereiro apresentando frutos maduros de abril a maio, que foram grandes, firmes e de sabor agradável (LYRENE, 2008). 'Jewel' e 'Emerald' cultivadas em túneis altos na Georgia, EUA, levaram 80 e 105 dias do florescimento até a fase final de maturação dos frutos, respectivamente (OGDEN; IERSEL, 2009), enquanto no Brasil, essas cultivares em condição de ambiente semiprotegido apresentaram em

média 99 dias para ‘Jewel’ e 95 e 90 dias para ‘Emerald’ para completar esse período, considerando os ciclos de produção observados.

Antunes et al. (2008) relataram que as variações nos padrões fenológicos são consequências, tanto das características genéticas de cada cultivar, como de fenômenos climáticos, como temperatura e fotoperíodo, interferindo na floração e brotação. NeSmith (2006) concluiu que, dependendo da cultivar e do número de horas de frio acumulado no local, o período de florescimento pode ter uma variação de até 24 dias. Coletti (2009) verificou que o período entre a floração e a maturação é influenciado pelas condições climáticas e pelo vigor da planta.

As cultivares estudadas se enquadram no grupo *Southern Highbush* e de acordo com a literatura, necessitam de no mínimo 100 horas de frio abaixo de 7,2 °C para florescer (FONSECA; OLIVEIRA, 2007). De acordo com a tabela 1, o município de Piracicaba acumulou, de 1º de janeiro de 2014 até 15 de maio de 2015, apenas 5 horas com temperatura abaixo de 7,2 °C.

Tabela 1 - Número de horas mensais com temperatura abaixo de 15; 12; 10 e 7,2 °C, em Piracicaba – SP, entre janeiro de 2014 e maio de 2015

Data	T < 15 °C	T < 12 °C	T < 10 °C	T < 7,2 °C
	horas			
jan/14	0	0	0	0
fev/14	0	0	0	0
mar/14	0	0	0	0
abr/14	39	6	0	0
mai/14	133	15	2	0
jun/14	173	58	23	4
jul/14	201	67	19	1
ago/14	192	55	7	0
set/14	39	6	0	0
out/14	47	4	0	0
nov/14	6	0	0	0
dez/14	0	0	0	0
jan/15	0	0	0	0
fev/15	0	0	0	0
mar/15	0	0	0	0
abr/15	12	0	0	0
mai/15	28	0	0	0
TOTAL	867	211	51	5

Para ambas as cultivares, os dados observados desde o início da emissão de botão floral (Figura 2), confrontados com o número de horas de frio acumulados anteriormente à este período (Tabela 1), indica que o acúmulo de horas com temperatura abaixo de 7,2 °C não foi o fator que favoreceu a indução do florescimento.

Norvell e Moore (1982) concluíram que temperaturas entre 1 e 12 °C foram suficientes para suprir as necessidades de frio de mirtileiros do grupo *Southern Highbush*. Utilizando o número de horas de frio (NHF) abaixo de 12 °C como parâmetro, a região de Piracicaba acumulou 211 horas de frio no período estudado, sendo pelo menos 21 horas acumuladas até o final do mês de maio, período em que ocorreu a primeira emissão de botão floral para a cultivar Emerald (Tabela 1 e Figura 2 A).

Para a cultivar Jewel esta emissão ocorreu em meados de setembro, tendo ocorrido até este período, mais de 200 horas abaixo de 12 °C. A 'Emerald' apresentou um segundo pico de emissão de botões, também em setembro, tendo acumulado as baixas temperaturas de junho, julho e agosto, enquanto a 'Jewel' que apresentou um segundo pico de botão floral em fevereiro de 2015 também acumulou o frio dos meses de setembro e outubro. Portanto, a cultivar Jewel parece ser mais exigente em acúmulo de horas de frio quando comparada à 'Emerald' para a emissão de botões florais, nas condições de cultivo apresentadas neste trabalho e considerando temperaturas abaixo de 12ºC.

Uma das explicações que permite a produção dessas cultivares em ambiente subtropical é que um acúmulo de horas de frio, diferente de 7,2 ºC é suficiente para que ocorra a indução das gemas. Observou-se surtos das diferentes fases ao longo do ano que estimulam as plantas a vegetar, florescer e produzir, diferentemente do que ocorre em regiões mais frias, que por atender as necessidades em frio hibernal, possuem apenas um período de florescimento e frutificação. As cultivares Jewel e Emerald cultivadas em regiões mais quentes apresentam mais de um pico de ocorrência dessas fases, o que dificulta com certeza o manejo das plantas.

A produção da cultivar Emerald foi 125% maior que a 'Jewel' no período avaliado e seus valores em número de frutos planta^{-1}, estimativa de produção (kg planta^{-1}) e produtividade (kg ha^{-1}) são mostrados na tabela 2. Esta diferença entre as cultivares pode ser atribuída ao fato de que a 'Emerald' apresentou dois picos de florescimento e frutificação, enquanto em 'Jewel', o segundo pico de botão floral, por

ter ocorrido em uma época muito quente (Figura 2B e Anexo A), resultou em abortamento dos mesmos, sem frutificação. Os frutos provenientes do segundo pico de floração em ‘Emerald’ representaram 23% do total produzido. O número total de botões florais e flores emitidos pela cultivar Emerald, foi 99 e 205% maior que o observado para ‘Jewel’, respectivamente.

Zee et al. (2006), avaliando seis cultivares do grupo *Southern Highbush*, incluindo ‘Emerald’ e ‘Jewel’ no Havaí, também observaram que apenas a cultivar Jewel não apresentou floração e frutificação abundantes. Os autores atribuíram esta ocorrência a um maior vigor e vegetação da planta em detrimento de florescimento, o que não foi observado para esta cultivar nesse experimento, visto que o crescimento médio dos ramos foi menor que o observado para ‘Emerald’.

A produção por planta e produtividade do mirtileiro é bastante variável entre cultivares, tipo e local de cultivo. Zee et al. (2006), avaliando a produção de seis cultivares de mirtileiro do grupo *Southern Highbush* obtiveram 0,94 e 0,42 kg por planta para as cultivares Emerald e Jewel, respectivamente, produções bem superiores as observadas neste trabalho. Já um estudo conduzido na Geórgia, EUA, encontrou valores muito similares ao deste trabalho para produção em kg planta^{-1} para mirtileiros em condições de cultivo protegido em alta densidade de plantio (1,0 x 0,75 m), obtendo 0,31 e 0,17 para ‘Emerald’ e ‘Jewel’, respectivamente (OGDEN; IERSEL, 2009). Verificou-se para ‘Emerald’ e ‘Jewel’ plantadas em campo aberto no espaçamento de 3,4 x 0,9 m (3268 plantas ha^{-1}) no condado de Fresno, Califórnia, EUA, valores de produtividade de 3.603 e 4.265 kg hectare^{-1}, respectivamente (BREMER et al., 2008), valores superiores aos obtidos neste trabalho, para um menor número de plantas.

Tabela 2 – Número de frutos planta^{-1}, produção estimada em kg planta^{-1} e produtividade estimada em kg ha^{-1} das cultivares Emerald e Jewel entre maio de 2014 e maio de 2015 em Piracicaba – SP

Cultivares	Parâmetros de produção		
	frutos planta $^{-1}$	kg planta $^{-1}$	kg ha $^{-1}$
Emerald	250	0,38	2347,7
Jewel	111	0,17	1038,5

Plantas das cultivares Jewel e Emerald são comumente plantadas intercaladas, uma vez que esta última possui problemas de autoincompatibilidade, sendo necessária fecundação cruzada para melhor fixação de frutos (LYRENE, 2008). A figura 3 evidencia uma interessante complementariedade de épocas de colheita da ‘Emerald’ e ‘Jewel’, muito favorável ao produtor, que poderia com isto, ofertar suas frutas por um período estendido de até seis meses com o cultivo das duas cultivares. Além disso, essas produções abrangem um período de entressafra no mercado interno e externo, o que alavanca os preços. Em 2012, houve pouca representatividade no volume de mirtilos comercializados frescos na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), considerando que uma grande porcentagem da produção brasileira é destinada às indústrias processadoras. Os preços de comercialização atingiram nas diferentes CEASAS do Brasil um valor médio de R$52,26 kg^{-1} (WATANABE; OLIVEIRA, 2014), evidenciando uma ótima oportunidade de produção desta fruta para comercialização *in natura.*

Esta comercialização também é interessante para países europeus e Estados Unidos. Em Portugal os preços mais altos da fruta ocorrem entre outubro e fevereiro (BAPTISTA, 2015). No mercado americano há dois picos de preços por ano, sendo o principal em outubro com valores em ascensão desde agosto devido ao final da safra, que decresce em novembro/dezembro com a entrada das frutas chilenas. Um segundo pico menos elevado em março/abril, coincide com o final da safra chilena. Os preços no atacado para o período de 2010-2012 variaram entre 4,9 e 5,9 nos meses de menor procura a 19,60 e 17,50 U$ kg^{-1} nos meses de maior procura (USDA/AMS, 2013), para os mercados da costa leste e oeste, representado pelas cidades e Nova Iorque e Los Angeles, respectivamente.

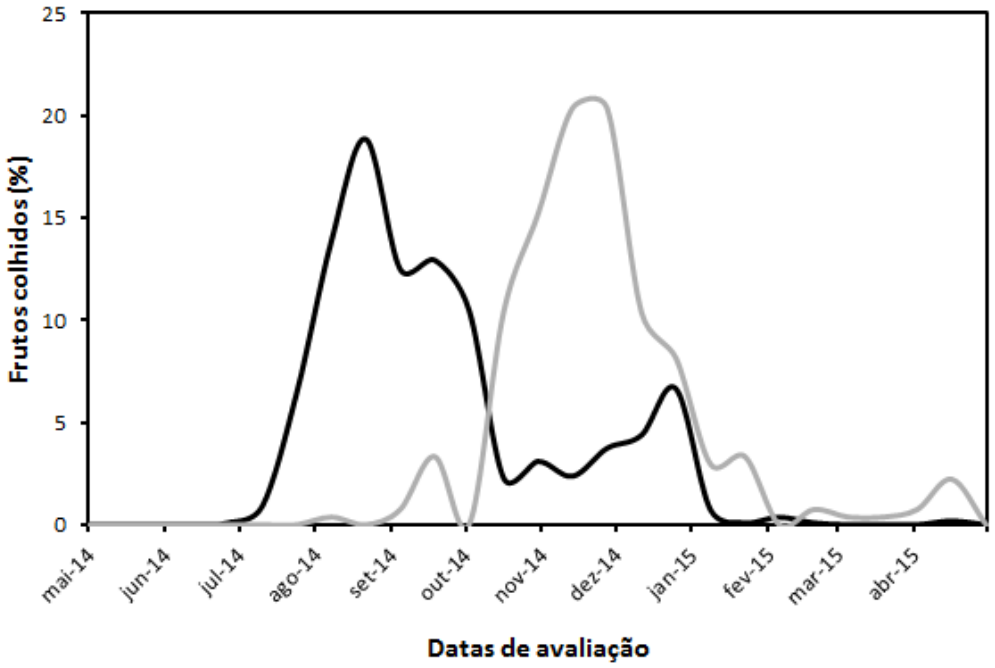

Figura 3 – Porcentagem relativa do total de frutos colhidos das cultivares Emerald (traço preto) e Jewel (traço cinza) em Piracicaba – SP

3.4 Conclusões

É possível cultivar mirtileiros ‘Jewel’ e ‘Emerald’ em região subtropical. A exigência de um número de horas de frio para estimular a emissão de botão floral e o florescimento é mais baixa que a recomendada na literatura. Essas fases ocorrem em mais de um período ao longo do ano, diferente do desempenho da maioria das cultivares em regiões mais frias, o que dificulta o manejo das plantas, mas possibilita a produção no período de entressafra, o que resulta em melhores preços da fruta.

Referências

ANTUNES, L.E.C.; MADAIL, J.C.M. **Mirtilo:** uma oportunidade de negócios. 2007. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/fruta/700/Mirtilo>. Acesso em: 08 abr 2014.

ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; RISTOW, N.C.; CARPENEDO, S.; TREVISAN, R. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 43, n.8, p.1011-1015, 2008.

BAPTISTA, A.C.P. **Estratégia de Internacionalização dos frutos silvestres (pequenos frutos).** 2015. 145 p. Dissertação (Mestrado em Gestão da Qualidade e Marketing Agroalimentar) – Escola de Ciências Sociais, Universidade de Évora, Évora, 2015.

BRAZELTON, C. **World blueberry acreage & production**. Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2013. 77 p.

_____. **World blueberry acreage & production**: annual report. Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2015. 36 p.

BREMER, V.; CRISOSTO, G.; MOLINAR, R.; JIMENEZ, M.; DOLLAHITE, S.; CRISOSTO, C.H. San Joaquin Valley blueberries evaluated for quality attributes. **California Agriculture**, Davis, v. 62, p. 91-96, 2008.

CANTUARIAS-AVILÉS, T. **Cultivo do mirtileiro (*Vaccinium* spp.).** Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca e Documentação, 2010. 38 p. (Série Produtor Rural, 48).

COLETTI, R. **Fenologia, produção e superação da dormência do mirtilo em ambiente protegido.** 2009. 87 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

FACHINELLO, J.C. Mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 285-288, 2008.

FAGUNDES, P.R.S. Mercado e comercialização de amora, mirtilo e framboesa. Instituto de economia agrícola. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 2, n. 12, p. 3, 2007.

FAO. **FAOSTAT:** production crops, 2016. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 08 fev. 2016.

FONSECA, L.. da; OLIVEIRA, P.B. de. A planta de mirtilo: morfologia e fisiologia, **Divulgação Agro**, Lisboa, n. 556, 2007. 23 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Estatísticas.** 2011. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exporta%C3%A7%C3%A3o/Comparativo_das_Exporta%C3%A7%C3%B5es_Brasileiras_de_Frutas_frescas_2010-2009.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2014.

LYRENE, P.M. ‘Emerald’ Southern highbush blueberry. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 5, p. 1606-1607, 2008.

NeSMITH, D.S. Fruit development period of several *Rabbiteye* blueberry cultivars. **Acta Horticulturae**, Haia, n. 715, p. 137-142, 2006.

NORVELL, D.J.; MOORE, J.N. An evaluation of chilling models for estimating rest requirements of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosurn* L.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, p. 54-56, 1982.

OGDEN, A.B.; IERSEL, M.W.V. *Southern Highbush* blueberry production in high tunnels: temperatures, development, yield and fruit quality during the establishment years. **HortScience**, Alexandria, v. 44, n. 7, p. 1850-1856, 2009.

UNITED STATES DEPATMENT OF AGRICULTURE. **Economics, statistics and market information system.** Washington: U.S. Blueberry Industry, 2013. Disponível em: <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1765>. Acesso em: 14 abr 2016.

_____. Agricultural Marketing Service. **Fruit & vegetable market News**. Washington, 2013. Disponível em: <http://www.marketnews.usda.gov/portal/fv>. Acesso em: 17 mar. 2016.

VILLATA, M. **Trends in world blueberry production.** 2012. Disponível em:<http://www.growingproduce.com/article/26272/2/trends-in-world-blueberry-production>. Acesso em: 13 maio 2014.

WATANABE, H.S.; OLIVEIRA, S.L de. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p 23-38, 2014.

ZEE, F.; HUMMER, K.; NISHIJIMA, W.; KAI, R.; STRAUSS, A.; YAMASAKI, M.; HAMASAKI, R.T. **Preliminary yields of Southern highbush blueberry in Waimea, Hawaii.** Manoa: University of Hawaii, Cooperative Extension Service, 2006. 8 p. (Fruits and Nuts, 12).

4 QUALIDADE FISICO-QUÍMICA DE MIRTILOS DAS CVS. EMERALD E JEWEL PRODUZIDOS EM REGIÃO SEM OCORRÊNCIA DE FRIO HIBERNAL

Resumo

O consumo de mirtilo (*Vaccinium* spp.) está muito associado aos benefícios que a ingestão da fruta traz à saúde humana como o combate aos radicais livres causadores de doenças degenerativas, além de estar relacionado com a prevenção de câncer, problemas cardiovasculares e oculares, além de ser utilizado em diversos pratos da gastronomia. Suas propriedades nutracêuticas são atribuídas ao alto teor e grande diversidade de antioxidantes naturais e polifenóis, que ultrapassam vários outros alimentos funcionais. Encontrada em abundância no mirtilo, as antocianinas são responsáveis pela capacidade antioxidante dos frutos, que inibe os radicais livres causadores de diversas doenças. Os parâmetros de qualidade do fruto, tanto físicos como químicos são muito variáveis em função do material genético, bem como das condições edafoclimáticas em que estes estão submetidos. Frutos das cultivares de mirtileiro Emerald e Jewel de baixa exigência em frio foram avaliados em Piracicaba – SP, em agosto e outubro de 2015 quanto a massa fresca de frutos, diâmetro, comprimento, formato, volume, firmeza, coloração de casca, teor de sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, *ratio*, compostos fenólicos totais, teor de antocianinas, quercetina e atividade antioxidante pelo sequestro dos radicais DPPH e ABTS no dia de colheita, e a cada três dias, até o décimo segundo dia, armazenados à temperatura ambiente (22 °C). Frutos de mirtilos colhidos em agosto são maiores e mais arredondados, porém apresentam menor teor de sólidos solúveis totais e maior acidez. Por outro lado, os frutos colhidos em outubro apresentam maior *ratio*, e coloração mais intensa. ‘Emerald’ possui frutos com maior atividade antioxidante que ‘Jewel’. Os teores de antocianinas, quercetinas, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante diferem entre as cultivares de acordo com as épocas e aumentam ao longo dos dias após a colheita, enquanto pH, acidez e firmeza decrescem.

Palavras-chave: *Vaccinium* spp.; Compostos fenólicos; Antocianinas; Atividade antioxidante, Sólidos solúveis totais, Acidez, Diâmetro, Firmeza

Abstract

Blueberry consumption is associated to its beneficial effects for human health specially for fighting free radicals that cause diseases. Also its consumption is related to prevention of cancer, cardiovascular and eye problems, in addition to an extensive use in gourmet gastronomy. Its nutraceutical properties are attributed to the high content and variety of natural antioxidants and polyphenols, exceeding many other functional foods. Found in abundance in ripe blueberry, the anthocyanins are responsible for the antioxidant properties. Physical and chemical parameters for fruit quality varies according to genetic material, as well as to soil and climatic conditions in which they are cultivated. Fruits of the blueberry cultivars Emerald and Jewel with low chill requirement were evaluated in Piracicaba - SP, in August and October 2015 for fresh fruit weight, diameter, length, shape, volume, firmness, peel color, soluble solids content (SST), pH, titratable acidity (TA), SST/TA ratio, total phenolic compounds, anthocyanins, quercetins and antioxidant activity using DPPH and ABTS methods. Measurements were made in the harvest day, and every three days, until

the twelfth day in fruits stored at room temperature (22 °C). Fruits from August have higher diameter and are more roundish, but have lower soluble solids content and higher titratable acidity. On the other hand, the fruits harvested in October have a higher SST/TA ratio and higher chroma value. 'Emerald' has higher antioxidant activity than 'Jewel'. The content of anthocyanins, quercetins, total phenolic compounds and antioxidant activity differ among cultivars according to the harvest period and increases during storage, while pH, acidity and firmness decrease.

Keywords: *Vaccinium* spp.; Total phenolic compounds; Anthocyanins; Antioxidante activity, Soluble solids contente; Titratable acidity; Diameter; Firmness

4.1 Introdução

O consumo de mirtilos frescos está comprovadamente associado à prevenção de doenças como câncer, problemas cardiovasculares, deterioração cognitiva, disfunções da imunidade, catarata e degeneração macular (SEVERO et al., 2008; US HIGHBUSH BLUEBERRY COUNCIL, 2013). Suas propriedades nutracêuticas são atribuídas à diversidade e ao alto teor de antioxidantes naturais e polifenóis, que ultrapassam vários outros alimentos funcionais. Encontrada em abundância no mirtilo, as antocianinas e quercetinas são responsáveis pela capacidade antioxidante da fruta, que inibem os radicais livres causadores de doenças degenerativas como o Mal de Alzheimer e de Parkinson (MORAES; COLLA, 2006; SEVERO et al., 2008). Diante de tantos benefícios, o mirtilo tem sido divulgado como fruto da longevidade (RASEIRA et al., 2008). Outros fatores também interferem nas características nutracêuticas, organolépticas e físicas do fruto, como compostos fenólicos totais, teor de sólidos solúveis totais, acidez, cor, firmeza, tamanho e formato.

Entretanto, a qualidade físico-química do mirtilo é influenciada principalmente pelo material genético, local, condições climáticas e épocas de cultivo (SAFTNER et al., 2008). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar em duas épocas de colheita, características de qualidade de mirtilos das cultivares Emerald e Jewel em região subtropical.

4.2 Material e Métodos

Os frutos dos mirtileiros ‘Jewel’ e ‘Emerald’ foram obtidos de plantas cultivadas em ambiente semiprotegido, de três anos de idade, na Chácara Catavento (Apêndice A), em Piracicaba - SP. Parte das análises foi realizada no

Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita do Departamento de Ciências Biológicas e parte no laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, ambos da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Para cada uma das cultivares, foram colhidos maduros, com coloração roxa escura e presença de pruína na casca em duas épocas distintas, agosto e outubro, com as análises sendo feitas no dia da colheita (D0) e a cada 3 dias, por 12 dias. Os frutos ficaram armazenados em câmara com temperatura e umidade controlada (22 ± 1 ºC e 70% ± 5% de UR, respectivamente). Cada amostra, de quatro repetições, foi submetida às seguintes análises:

(i) **Massa fresca dos frutos:** foi aferida a massa fresca de 50 frutos por repetição por cultivar, utilizando balança eletrônica de 0,01 g de precisão para cálculo da massa média, com os dados expressos em gramas fruto^{-1}.

(ii) **Comprimento (C) e diâmetro (D):** foi realizada a média do comprimento longitudinal e diâmetro equatorial de sete frutos por repetição, com o uso de paquímetro digital de 0,01 mm de precisão.

(iii) **Formato (relação entre comprimento longitudinal e diâmetro equatorial):** relação obtida através da divisão entre a média dos comprimentos pela média dos diâmetros. O valor encontrado indica o formato do fruto, sendo mais arredondado quanto mais próximo de 1, e mais achatado quanto mais próximo de 0.

(iv) **Volume dos frutos:** calculado através da equação de volume de um elipsoide: $V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{C}{2}\right)^2$; sendo D e C os valores de diâmetro e comprimento medidos (item ii).

(v) **Firmeza:** foi determinada pela técnica de aplanação, de acordo com Calbo e Nery (1995). Os resultados foram obtidos dividindo o peso da ponta de prova (P) pela área amassada (A), seguindo as equações:

$$C = P/A$$

Sendo:

$$P = peso\ do\ béquer$$

$$A = \pi \times (diâmetro\ menor \times diâmetro\ maior)/4$$

O resultado foi expresso em Newton (N).

(vi) **Coloração da casca:** foi avaliada com a utilização do colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, utilizando 15 frutos por repetição por cultivar. Foram aferidos os valores na coordenada padrão CIE L* a* e b*, em que L representa a luminosidade ou brilho da superfície, sendo valor 0 para preto e 100 para branco; a* com valores negativos para verde e positivos para vermelho e b* com valores negativos para azul e positivos para amarelo, todos aferidos pelo aparelho. A partir destes valores, calculou-se o valor da cromaticidade (C*) pela da fórmula $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$, sendo esta a intensidade da cor (LINDBLOOM, 2011). O valor da cromaticidade foi utilizado posteriormente nas análises estatísticas.

(vii) **Teor de Sólidos Solúveis Totais (SST):** os frutos foram macerados utilizando almofariz e pistilo e homogeneizados. Gotas deste macerado foram colocadas em refratômetro digital, de marca Atago, modelo Palete 101, sendo realizado duas leituras por repetição. Os resultados foram expressos em ºBrix, conforme a metodologia da AOAC (2010).

(viii) **pH:** foram pesados 10 g do macerado de frutos, descrito no item “vii” e adicionado a ele, 90 mL de água destilada. O pH da amostra foi determinado por leitura direta em pHmetro digital com eletrodo de vidro, de marca Tecnal e modelo Tec-2, de acordo com o indicado pela AOAC (2010).

(ix) **Acidez Titulável (AT):** para a determinação da acidez titulável, utilizou-se a titulação potenciométrica de NaOH a 0,1 N em 10 g do macerado de frutos com 90 mL de água destilada, até que o pH da amostra ficasse em 8,1. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

(x) ***Ratio*:** relação entre SST e AT.

(xi) **Quantificação de compostos fenólicos totais:** para esta quantificação, foi utilizado o método desenvolvido por Singleton e Rossi (1965) utilizando o reagente de Folin-Ciocalteau, com alteração do agente extrator. A amostra foi triturada em nitrogênio líquido com uso de um moinho analítico de marca IKA e modelo A11 Basic Mill. Foi pesado 0,5 g da amostra triturada e adicionado 9,5 mL de metanol P.

A. Após agitação por 1 minuto, as amostras foram centrifugadas a 6000 rpm a 5 ºC por 10 minutos. Em seguida, uma alíquota de 0,15 mL do sobrenadante foi transferida para um tubo de ensaio, onde foi adicionado 0,05 mL de metanol P. A. Também foi pipetado 1,5 ml de água destilada, além de 0,1 mL do reagente de Folin-Ciocalteau a 10% (v:v). Agitou-se por 30 segundos e aguardou-se 5 minutos para então adicionar 0,2 mL de carbonato de sódio anidro a 20% (v:v). Após um repouso de 2 horas em temperatura ambiente, a absorbância das amostras foi lida em espectrofotômetro com comprimento de onda de 765 nm. O teor de compostos fenólicos das amostras foi calculado através da curva padrão de ácido gálico (0,1 $mg.mL^{-1}$). Os resultados foram expressos em gramas de ácido gálico por 100 gramas de massa fresca de mirtilo.

(xii) **Quantificação de antocianinas totais:** foram determinadas de acordo com a metodologia de Lees e Francis (1972), com alteração no volume da solução extratora. Dez gramas da amostra triturada e homogeneizada foi pesada e adicionou-se 30 mL da solução extratora de etanol 95% e HCl 1,5 N (85:15 v/v). Após repouso de 12 horas a 4 ºC ao abrigo da luz, as amostras foram filtradas, utilizando papel filtro, que por sua vez foram lavados juntamente com o resíduo retido nos mesmos com a solução extratora, para que seja extraído todo o pigmento da amostra. Do filtrado resultante, uma alíquota de 1,5 mL foi transferida para um balão volumétrico, e seu volume completado para 50 mL com solução extratora. Os balões contendo o extrato final foram deixados em repouso por duas horas à temperatura ambiente, para então realizar as leituras da absorbância em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 535 nm. Os resultados foram expressos em miligrama de antocianinas totais por 100 gramas de mirtilo, obtidos através da equação:

$$Antocianinas\ Totais\ = \frac{(Absorbância\ a\ 535\ nm\ \times Fator\ de\ diluição)}{98{,}2}$$

Sendo que:

$$Fator\ de\ diluição\ = \left({Volume\ do\ extrato}/{Volume\ da\ alíquota}\right) \times 100$$

(xiii) **Quantificação de Quercetinas:** da mesma forma que a quantificação das antocianinas totais, a determinação de quercetinas também seguiu o método de Lees e Francis (1972), apenas a leitura no espectrofotômetro que foi realizada com um comprimento de onda de 374 nm. Os resultados foram expressos em miligramas de quercetina por 100 gramas de mirtilo segundo a equação:

$$Quercetinas\ Totais\ = \frac{(Absorbância\ a\ 374\ nm\ \times Fator\ de\ diluição)}{76{,}6}$$

Sendo que o fator de diluição utilizado segue a mesma equação da descrita para as antocianinas no item “xii”.

(xiv) **Quantificação da atividade antioxidante:** A atividade antioxidante foi determinada pelo sequestro dos radicais livres ABTS e DPPH, seguindo os métodos de Re et al. (1999) e Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), respectivamente. Para a determinação do sequestro de ABTS, a leitura da redução da absorbância em espectrofotômetro foi realizada a um comprimento de onda de 734 nm, exatamente 6 minutos após a adição do extrato e expressa em porcentagem da redução da absorbância. Para DPPH, as leituras dos radicais sequestrados foram feitas a 515 nm, após repouso de 50 minutos contados a partir da adição de extrato. Os resultados também foram expressos em porcentagem da redução da absorbância.

Para as análises estatísticas de diâmetro (D), comprimento (C), formato (C/D) e volume dos frutos, utilizou-se os dados obtidos no dia de colheita (D0), visando caracterizar os mesmos. Para tal, foram submetidos às análises de variância com interação entre época e cultivar, sendo que, para diâmetro, comprimento e volume, foi necessária a transformação logarítmica dos dados para o atendimento das pressuposições de normalidade, independência e homogeneidade. Interações significativas foram desdobradas e analisadas com o teste de Tukey a 5% de significância. Para estas análises, o programa estatístico R (2013) foi utilizado.

Para os demais parâmetros, a caracterização da qualidade foi determinada pela média dos valores em doze dias, que foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) utilizando-se o software estatístico SAS 9.0 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002). Além disso, gráficos foram construídos para demonstrar o comportamento das variáveis ao longo dos doze dias de avaliação, com os erros médios plotados. Para caracterizar cada uma das cultivares em relação às variáveis avaliadas, foi feita uma análise multivariada de componentes principais (ACP), utilizando-se o software estatístico SAS 9.0 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002) com uso de gráfico biplot.

4.3 Resultados e Discussão

Para o parâmetro diâmetro do fruto, a interação entre cultivar e época foi significativa (Tabela 3). Nenhuma diferença foi observada para esta variável entre as cultivares no mês de agosto, mas em outubro ‘Emerald’ apresentou maior valor médio (13,9 mm) que a ‘Jewel’ (12,8 mm). Comparando a mesma cultivar entre as duas épocas, os diâmetros dos frutos de agosto diferiram significativamente dos frutos de outubro, sendo que, para ambas as cultivares, o maior diâmetro foi observado em agosto, sendo este 23% maior para ‘Emerald’ e 36% maior para ‘Jewel’ em relação a outubro (Tabela 3). A média dos diâmetros para o mês de agosto e outubro foi 44 e 27% maior do que o valor relatado por Ogden e Iersel (2009), que não encontraram diferenças para esta variável em frutos de ‘Jewel’ e ‘Emerald’, que apresentaram média de 9,7 mm. Frutos de ‘Snowchaser’, cultivar pertencente ao mesmo grupo das cvs. Jewel e Emerald e avaliados na região de Piracicaba, SP, apresentaram valores médios de diâmetro do fruto no dia da colheita de 13,5 mm (JIMENES et al., 2015), muito próximos aos observados neste trabalho.

A análise de variância não mostrou interação significativa entre as épocas de colheita e as cultivares para o comprimento do fruto. Os resultados mostraram uma diferença significativa entre as cultivares, com a ‘Jewel’ apresentando para esta variável um valor médio superior à ‘Emerald’, além dos frutos do mês de agosto apresentarem um valor de comprimento médio 20% maior do que os obtidos no mês de outubro (Tabela 3).

Houve interação entre épocas e cultivares para o formato do fruto (Tabela 3). Em agosto, não houve variação no formato do fruto entre as cultivares, mas em

outubro ela ocorreu, com a ‘Jewel’ apresentando para esta variável um valor mais próximo de 1, com frutos mais arredondados do que ‘Emerald’. Frutos de ambas as cultivares apresentaram frutos mais redondos em outubro do que em agosto (Tabela 3). Medeiros et al. (2015) avaliando três amostras de mirtilos produzidos em Curitiba – PR, obtiveram valores médios para o formato dos frutos de 0,81, superior aos encontrados para as cultivares Emerald e Jewel em Piracicaba – SP, respectivamente. Os autores mencionaram também que frutos mais arredondados são preferidos aos achatados pelos vendedores da fruta.

Para o volume de fruto não houve interação entre épocas e cultivares (Tabela 3), nenhuma diferença entre as médias das cultivares, porém, diferença significativa entre a média das épocas, sendo a média do mês de agosto (1,86 cm^3) superior à de outubro (0,92 cm^3) (dados não apresentados).

Os dados de massa média e firmeza dos frutos estão apresentados na tabela 4. Em agosto, frutos de ‘Jewel’ apresentaram massa média superior à ‘Emerald’ (2,03 e 1,97 g $fruto^{-1}$, respectivamente) além de apresentarem-se mais pesados que os de outubro. Na segunda época de colheita, a cultivar Emerald foi quem apresentou frutos mais pesados que ‘Jewel’ (1,10’ e 0,93 g $fruto^{-1}$, respectivamente), não diferindo estatisticamente dos valores obtidos para esta variável em agosto (Tabela 4). No estado americano da Flórida, Lyrene (2008) também observou diferenças entre a massa das cultivares, com frutos de ‘Emerald’ pesando em média 2,16 g e os de ‘Jewel’ 1,59 g. Ogden e Iersel (2009) não notaram diferenças para a massa de frutos de ‘Jewel’ e ‘Emerald’, obtendo uma média de 1,14 g $fruto^{-1}$, valor este muito similar ao encontrado para frutos destas cultivares no mês de outubro, em Piracicaba – SP, que foi 44,7% menor que a média obtida para esta variável no mês de agosto. Medeiros et al. (2015) estudando três diferentes amostras de mirtilos comercializados em Curitiba – PR, obtiveram valores de massa média variando de 1,26 a 1,45 g $fruto^{-1}$, superiores aos encontrados nesse trabalho para ambas as cultivares no mês de outubro, porém inferiores aos encontrados no mês de agosto. Diferenças entre massa média de frutos de diferentes colheitas também foi verificado por Gündüz, Serçe e Hancock (2014) em diversas cultivares de mirtilos do grupo *Northern Highbush* cultivados na Geórgia, EUA.

Tabela 3 - Valores médios de diâmetro, comprimento, formato e volume de frutos de mirtileiros 'Emerald' e 'Jewel' colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba - SP

Época	Diâmetro* mm		Comprimento mm		Formato ---		Volume* cm^3	
	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel
Agosto	17,1 a A	17,4 a A	11,3 b A	11,9 a A	0,66 a B	0,68 a B	1,75 a A	1,96 a A
Outubro	13,9 a B	12,8 b B	9,5 b B	9,9 a B	0,68 b A	0,78 a A	0,98 a B	0,87 a B

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
*Médias originais. Dados foram transformados: $\log_{10}$.

A firmeza dos frutos variou de 2,02 a 2,61 N. Os frutos da ‘Jewel’ não diferiram da ‘Emerald’ no mês de agosto, embora a primeira tenha apresentado frutos mais firmes que a segunda no mês de outubro. Nenhuma diferença foi observada para a firmeza dos frutos de ‘Emerald’ entre as duas épocas, enquanto ‘Jewel’ apresentou frutos mais firmes em outubro (Tabela 4). Estes resultados são muito próximos aos encontrados por Jimenes et al. (2015) para a cultivar Snowchaser (2,6 N no dia da colheita) também em Piracicaba - SP. Em um estudo conduzido em Barbacena – MG, frutos de mirtilo apresentaram 2 N de firmeza (LIMA et al., 2014). A perda de firmeza ao longo dos dias também foi observada neste trabalho para ‘Emerald’ e ‘Jewel’, em ambas as épocas de colheita, observando-se um comportamento de decréscimo muito semelhante entre as cultivares (Figura 4). Eum et al. (2013) e Jimenes et al. (2015) observaram uma perda de firmeza que inviabiliza a comercialização de frutos de mirtileiros seis dias após a colheita quando armazenados à temperatura ambiente, fato que não ocorreu neste trabalho para os frutos das cultivares Jewel e Emerald, que se mostraram mais resistentes, perdurando até o décimo segundo dia de avaliação nas duas épocas de colheita (Figura 4).

Tabela 4 – Massa média e firmeza de frutos de mirtileiros ‘Emerald’ e ‘Jewel’ colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba - SP

Época	Massa g fruto^{-1}		Firmeza N	
	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel
Agosto	1,97* b A	2,03 a A	2,11* a A	2,02 a B
Outubro	1,10 a A	0,93 b B	2,17 b A	2,61 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade
*Médias originais. Dados foram transformados: log_{10}

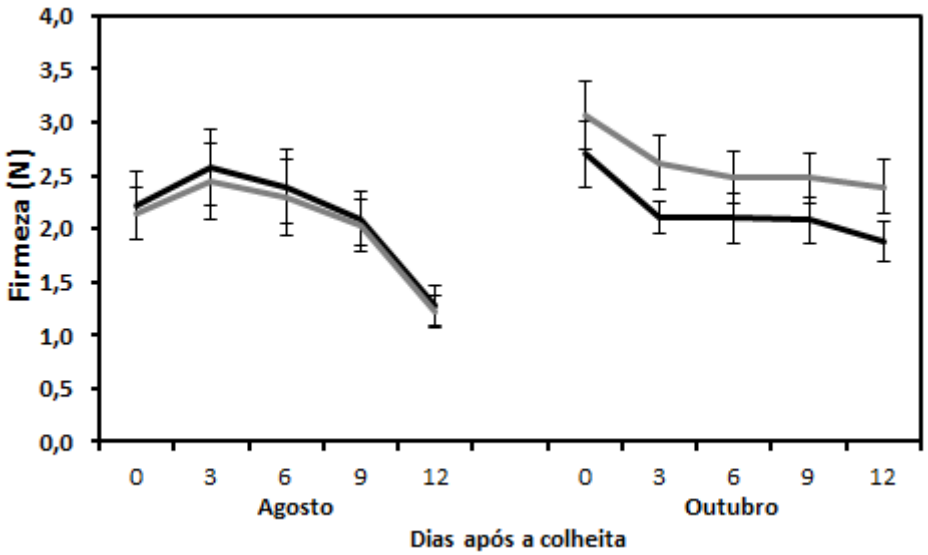

Figura 4 - Firmeza de frutos de mirtileiro cv. Emerald (preto) e Jewel (cinza) avaliados por 12 dias, colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba – SP

Frutos da cultivar Jewel apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis totais que os de ‘Emerald’ nas duas épocas (11,4 e 12,1 para ‘Jewel’ e 10,3 e 11,7 para ‘Emerald’). Em outubro, os frutos estavam mais doces que em agosto para ambas as cultivares (Tabela 5). Loy et al. (2013) verificaram com base em dados de literatura, um teor de sólidos solúveis totais em mirtilo variando de 7 a 15 ºBrix. Beaudry (1992) sugeriu que frutos de mirtilo de alta qualidade deveriam possuir teores maiores que 10 °Brix, o que enquadra os frutos de ‘Jewel’ e ‘Emerald’ produzidos em Piracicaba – SP dentro dos padrões de qualidade para esta variável. Ogden e Iersel (2009) na Geórgia, EUA, encontraram resultados inversos aos obtidos neste trabalho, com frutos de ‘Emerald’ apresentando os maiores teores de SST (12,8 ºBrix) quando comparado aos de ‘Jewel’ (11,5 ºBrix). Frutos dessas mesmas cultivares produzidas no Vale de San Joaquin, na Califórnia, EUA, apesar de não terem apresentado diferenças estatísticas entre elas e entre os anos de colheita, apresentaram valores muito semelhantes aos encontrados em Piracicaba - SP, com valores variando de 10,9 a 12,3 °Brix, para ‘Emerald’ e ‘Jewel’, respectivamente (BREMER et al., 2008). Mirtileiros do grupo *Rabbiteye* cultivados em Pelotas – RS, apresentaram valores superiores aos observados neste trabalho para esta variável, que foi de 13,3 °Brix no momento da colheita (LOY et al., 2013). Estes resultados estão próximos aos relatados por Moraes et al. (2007) que obtiveram valores entre 12,0 e 13,2 °Brix para frutos de quatro cultivares de

mirtileiros, também do grupo *Rabbiteye*. Um estudo conduzido na Geórgia, EUA, também encontrou maiores valores de sólidos solúveis totais para mirtilos do grupo *Rabbiteye*, quando comparados aos frutos de mirtileiros do grupo *Southern Highbush*, sendo que a média observada para o primeiro e segundo grupo foi de 14,0 e 12,7 °Brix, respectivamente (GÜNDÜZ; SERÇE; HANCOCK, 2014). Os mesmos autores avaliaram a 'Jewel', que apresentou frutos com SST de 12,3 °Brix, muito próximo ao encontrado para as condições de Piracicaba, que variou de 11,4 a 12,1 °Brix, em agosto e outubro, respectivamente. Nenhuma interferência foi observada no teor de SST de frutos de mirtileiros das cultivares Emerald e Jewel armazenados a 22 °C até o 12º dia (Figura 5D).

O valor do pH dos frutos não diferiu entre as cultivares no mês de agosto, enquanto em outubro, os frutos de 'Emerald' apresentaram pH de 3,7, que foi superior aos frutos de 'Jewel', com pH de 3,5. Frutos de agosto apresentaram menor valor de pH que os de outubro (Tabela 5). Souza e Curado (2001) encontraram valores para esta variável muito semelhantes aos obtidos neste trabalho, variando de 3,3 a 3,6 em frutos de quatro cultivares de mirtileiro. De Souza et al. (2014) encontraram valores médios de pH em frutos de mirtilos produzidos no estado de São Paulo de 3,6, quando colhidos em outubro, semelhante ao obtido neste trabalho, porém, superior aos valores obtidos em frutos colhidos no mês de agosto.

Ao longo dos dias observou-se um aumento no valor do pH dos frutos, tendência também encontrada por Loy et al. (2013) em mirtilos da cultivar Delite, e consequente queda da acidez titulável dos frutos nas duas épocas estudadas (Figura 5A). Este fenômeno também foi observado por Tezotto (2012), que notou queda da acidez titulável em framboesas armazenadas até 12 dias após a colheita. García, Medina e Olías (1998) observaram um aumento do pH em frutos de morango após a colheita e atribuiu esta ocorrência à degradação de ácidos orgânicos, como ácido málico e ácido ascórbico pelo processo natural de senescência do fruto. Para Chitarra e Chitarra (2005), o fato do fruto continuar com seus processos respiratórios após a colheita, faz com que alguns compostos, como ácidos orgânicos sejam consumidos no ciclo de Krebs como forma de obtenção de energia. Por outro lado, Jimenes et al. (2015), não encontraram diferenças estatísticas para a acidez titulável em frutos de mirtileiro da cultivar Snowchaser, pertencente ao mesmo grupo das cultivares avaliadas neste trabalho, armazenadas em temperatura ambiente por 6 dias.

Os resultados de pH complementam os valores de acidez, que por sua vez, indicaram frutos mais ácidos em agosto quando comparados aos de outubro. ‘Emerald’ produziu frutos mais ácidos que ‘Jewel’ no mês de agosto, situação que se inverteu no mês de outubro (Tabela 5). Segundo Williamson et al. (2014), frutos da cultivar Jewel permanecem ácidos até completarem seu amadurecimento. A acidez dos frutos de ‘Emerald’ e ‘Jewel’ em Piracicaba, SP, variou de 0,59 a 1,36 %, apresentando valores muito próximos aos encontrados em frutos de sete cultivares de mirtileiros do grupo *Highbush*, que variaram de 0,4 a 1,2% (SNE; KAMPUSE; BERNA, 2011). Os valores encontrados para acidez titulável estão dentro dos parâmetros de alta qualidade descritos por Beaudry (1992), que observou variação de 0,3 a 1,3% para esta variável, com exceção dos frutos da cultivar Emerald colhidos em agosto, que se apresentaram 0,06 pontos percentuais mais ácidos que o padrão relatado.

Os frutos apresentaram *ratio* variando de 7,9 a 24,4 (Tabela 5), valores próximos aos encontrados em mirtilos dos grupos *Highbush* e *Rabbiteye* cultivados em Michigan, EUA, de 8,7 a 35 (GÜNDÜZ; SERÇE; HANCOCK, 2014). Neste trabalho, frutos da cultivar Jewel apresentaram maior valor de *ratio* que ‘Emerald’ no mês de agosto (10,8 e 7,9, respectivamente), enquanto os frutos colhidos em outubro, apresentaram comportamento invertido, sendo os valores superiores observados para ‘Emerald’ (24,4) em comparação à ‘Jewel’ (18,0). Bremer et al. (2008) avaliando essas mesmas cultivares também observaram um menor valor de *ratio* nos frutos da ‘Jewel’ em comparação com os da ‘Emerald’. Além disso, para ambas as cultivares, outubro se mostrou uma época de maior *ratio*, que indica uma uma fruta mais palatável.

Apesar de diversos autores relacionarem maiores *ratios* com maior palatabilidade, Bremer et al. (2008) sugere que, para mirtilo, talvez esta relação não seja verdadeira, uma vez que cultivares que apresentaram os menores valores de acidez e valores aceitáveis de SST, foram as que receberam as menores aceitações por parte dos consumidores, e menor nota de satisfação em um teste gustativo. Talvez isto esteja relacionado com a sensação da falta de sabor ao degustar alimentos ou bebidas com baixa acidez, como alguns vinhos e suco de laranja ‘lima’. O *ratio* ao longo de 12 dias após a colheita se comportou de maneira inversamente proporcional a acidez (Figura 5C e 5B).

Tabela 5 - Sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT) e *ratio* (relação SS/AT) para frutos das cultivares Emerald e Jewel colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba - SP

Época	SST		pH		AT		*Ratio* (SS/AT)	
	ºBrix		---		% acido cítrico		---	
	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel*	Emerald**	Jewel
Agosto	10,3 b B	11,4 a B	2,7 a B	2,7 a B	1,36 a A	1,11 b A	7,9 b B	10,8 a B
Outubro	11,7 b A	12,1 a A	3,7 a A	3,5 b A	0,59 b B	0,71 a B	24,4 a A	18,0 b A

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

*Médias originais. Dados foram transformados: $\log_{10}$

**Médias originais. Dados foram transformados: 1/y

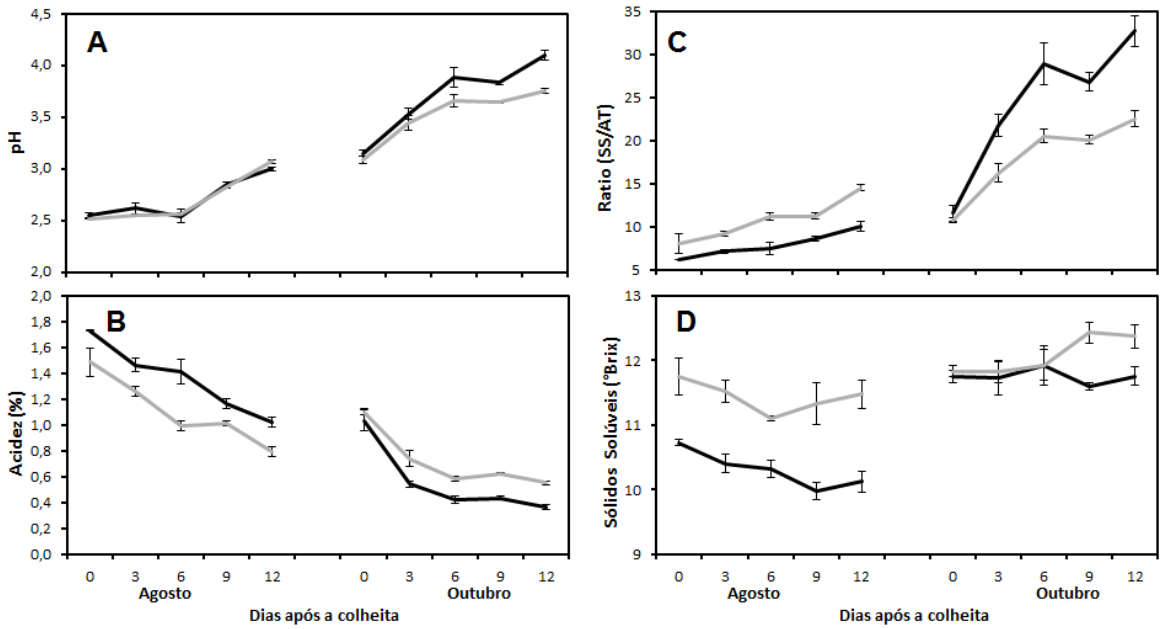

Figura 5 – pH (A), acidez (B), *ratio* (C) e sólidos solúveis totais (D) de frutos de mirtileiro cv. Emerald (preto) e Jewel (cinza) avaliados por 12 dias, colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba – SP

O resultado do teor de compostos fenólicos mostrou que os frutos da cultivar Jewel colhidos em outubro apresentaram o menor valor, de 458,66 mg 100 g^{-1}, diferindo tanto dos frutos de 'Emerald' na mesma época, como da própria 'Jewel' colhido em agosto (675,19 e 639,37 mg 100 g^{-1}, respectivamente). O maior valor para este teor foi encontrado em frutos da cultivar Emerald colhidos em agosto (679,36 mg 100 g^{-1}) (Tabela 6). Os resultados obtidos para esta variável neste trabalho foram próximos aos encontrados por Rodrigues et al. (2011), que observaram valores variando de 274,5 a 694,6 mg 100 g^{-1}, mas superiores aos encontrados por Gündüz, Serçe e Hancock (2014) em Oregon, EUA, que relataram um teor de compostos fenólicos de 249,7 e 265,7 mg 100 g^{-1} para 'Emerald' e 'Jewel', respectivamente. De Souza et al. (2014) encontraram para mirtilos produzidos em São Paulo, teores de compostos fenólicos médios de 305,38 mg 100 g^{-1}, valores inferiores aos obtidos neste trabalho. Mirtilos do grupo *Southern Highbush* produzidos na Geórgia, EUA, apresentaram para esta variável um teor de 399,28 mg 100 g^{-1} (SELLAPPAN; AKOH; KREWER, 2002), valores inferiores aos obtidos para os frutos das cultivares Jewel e Emerald colhidos no mês de agosto, bem como para os frutos de 'Emerald' colhidos em outubro.

Houve aumento no teor de compostos fenólicos ao longo do tempo para frutos das duas cultivares, nas duas épocas avaliadas (Figura 7A). Para frutos de 'Emerald'

este crescimento correspondeu a 34%, enquanto para frutos de ‘Jewel’ foi de 44% de fenólicos totais no mês de agosto. Em outubro, estes incrementos no teor de compostos fenólicos representaram 21 e 52% para frutos de ‘Emerald’ e ‘Jewel’, respectivamente. Este comportamento também foi observado por Tezotto (2012) em framboesas. A autora indica que, como consequência da senescência dos frutos, houve maior atividade respiratória, maior produção de etileno e consequentemente maior produção de compostos fenólicos. Já Antunes, Gonçalves e Trevisan (2006) observaram aumento nos teores de compostos fenólicos em amora-preta até o nono dia de armazenamento refrigerado, e depois um pequeno decréscimo, que ocorreu até o décimo segundo dia.

Os teores de antocianinas nos frutos variaram de 74,5 a 98,6 mg 100 g^{-1}. Em agosto, não houve diferença entre as duas cultivares estudadas, cujos valores variaram entre 83,7 e 84,2 mg 100 g^{-1} de fruto fresco (Tabela 6). Em outubro, porém, frutos de ‘Emerald’ apresentaram valor para esta variável 24% superior à frutos de ‘Jewel’ colhidos na mesma época, além de terem sido 15% superiores aos frutos colhidos em agosto para a mesma cultivar. Os teores de antocianinas deste trabalho estão de acordo com os observados por Ogden e Iersel (2009) para frutos de ‘Emerald’ que também se apresentaram superiores à ‘Jewel’, com valores de 101 e 83 mg 100 g^{-1}, respectivamente. Mirtilos produzidos em São Paulo apresentaram para esta variável valor de 29,72 mg 100 g^{-1}, consideravelmente menor que os obtidos em Piracicaba - SP (DE SOUZA et al., 2014). Os mesmos autores descrevem como referência da literatura teores de antocianinas variando entre 140 e 224 mg 100 g^{-1} para frutos de mirtilo. Um trabalho com mirtilos produzidos no Brasil indicou grande diferença no teor de antocianinas entre os grupos *Rabbiteye* e *Highbush*, sendo os teores médios de cada grupo, 220,46 e 40,62 mg 100 g^{-1}, respectivamente (RODRIGUES et al., 2011). Além disso, os autores observaram diferenças no teor de antocianinas entre locais de produção, obtendo para uma mesma cultivar até quatro vezes mais antocianinas em frutos cultivados em Caxias do Sul, RS, comparado com Pelotas, RS.

Comparar valores para esta variável é difícil devido à grande variação dos dados na literatura, principalmente por se tratar de diferentes materiais genéticos, locais e condições climáticas de cultivo. A produção de antocianinas ocorre no metabolismo secundário das plantas, normalmente influenciada por fatores abióticos, como intensidade luminosa e temperatura. Acosta-Montoya et al. (2010) relataram

que amora-preta cultivada em climas temperados possuem maior teor de antocianinas do que àquelas cultivadas em clima tropical.

De acordo com a figura 6A, os teores de antocianinas nos frutos aumentaram ao longo dos dias de armazenamento para as duas cultivares, nas duas épocas. Frutos da cultivar Emerald apresentaram maior aumento desta variável após a colheita, que foi em média 180% em 12 dias, enquanto em frutos de 'Jewel' esse aumento médio foi de 93% para as duas datas de colheita. As quercetinas apresentaram comportamento muito semelhante às antocianinas (Figuras 6A e 6B). Em um teste de correlação de Pearson realizado para estes dois parâmetros, os resultados mostraram que existe uma alta correlação positiva entre os teores de antocianinas e quercetinas (0,95) (dados não apresentados).

Do dia da colheita até o décimo segundo dia após a mesma, o teor de quercetina nos frutos apresentou um aumento médio nas duas épocas, sendo de 70% para a cultivar Emerald e de 61% para 'Jewel' (Figura 6B). Estes resultados estão de acordo com o descrito por Holcroft e Kader (1999), que relataram que a biossíntese de flavonoides, grupo que integra a quercetina, continua ativo após a colheita. Assim como as antocianinas, as quercetinas também são integrantes do grande grupo de compostos fenólicos. Desta forma, o padrão de comportamento destes compostos analisados separadamente ao longo dos dias coincide com o comportamento dos compostos fenólicos totais, também analisado (Figuras 6A, 6B e 7A). Os frutos por terem sido armazenados a 22 °C mantiveram uma alta atividade respiratória, desencadeando um provável aumento da produção de etileno e aumento da produção dos compostos fenólicos, entre eles antocianinas e quercetinas (TEZOTTO, 2012).

O teor de quercetinas nos frutos variou de 31,6 a 36,9 mg 100 g^{-1}, sendo o maior valor desta variável encontrado em outubro para frutos da cultivar Emerald, que foram estatisticamente diferente dos demais (Tabela 6). Um estudo com cultivares do grupo *Highbush* cultivados na Romênia encontrou teores de flavonoides (grupo em que as quercetinas são um dos principais componentes) variando de 83,33 a 103,18 mg 100 g^{-1} (BUNEA et al., 2011). Moraes et al. (2007) estudando frutos de quatro cultivares de mirtilos do grupo *Rabbiteye* encontraram teores de quercetinas variando de 23,6 a 41,3 mg por grama de amostra em base seca.

Para a atividade antioxidante, a porcentagem de sequestro do radical ABTS variou de 23 a 41 % (Tabela 7). Em ambas as épocas de colheita, frutos da cultivar Emerald apresentaram maiores valores que ‘Jewel’ para esta variável. Esse fato também foi observado para a porcentagem de sequestro do DPPH, onde frutos de ‘Jewel’ apresentaram valores mais baixos, comparando-se as cultivares em uma mesma época. Bremer et al. (2008) também encontraram a menor atividade antioxidante em frutos da cultivar Jewel entre seis cultivares estudadas, incluindo a ‘Emerald’. O fato dos trabalhos apresentarem diferentes métodos para avaliar a atividade antioxidante, bem como diferentes formas de apresenta-las, torna difícil a comparação de valores com a literatura, o que também foi observado por De Souza et al. (2014). Apesar disso, existem algumas classificações comparativas em relação à porcentagem de inibição das espécies reativas de oxigênio, que considera como alta valores superiores a 70%; intermediária com valores variando de 40-70% e baixa quando há menos que 40% de inibição (HASSIMOTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005). De acordo com esta classificação e com os resultados apresentados (Tabela 7), frutos da cultivar Emerald se enquadrariam como intermediários em relação à atividade antioxidante pelos dois métodos e para as duas épocas avaliadas. Já frutos de ‘Jewel’ se classificariam com baixa atividade antioxidante, sendo considerada como intermediária apenas os frutos colhidos em agosto, pelo método de sequestro de DPPH. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por De Souza et al. (2014), que classificaram o mirtilo cultivado no Brasil como sendo intermediário em relação às atividades antioxidantes, apresentando valores inferiores às amoras-pretas e framboesas.

Os resultados analisando a atividade antioxidante dos frutos de mirtilo de ambas as cultivares pelos dois métodos apresentou alta correlação com o teor de compostos fenólicos, sendo 0,97 para ABTS, 0,92 para DPPH, além de 0,89 a correlação entre os dois métodos (dados não apresentados). Esta alta correlação entre compostos fenólicos e atividade antioxidante em mirtilos também foi observada por diversos outros autores (PRIOR et al., 1998; KALT et al.,1999; MOYER et al., 2002; TARUSCIO; BARNEY; EXON, 2004; GIOVANELLI; BURATTI, 2009). De Souza et al. (2014) correlacionaram compostos fenólicos com o sequestro de ABTS e DPPH em mirtilo com coeficientes de correlação de 0,83 e 0,91, respectivamente. Rodrigues et al. (2011) também encontraram correlação altamente significativa

(R=0,92) entre os métodos DPPH e ABTS, indicando que ambos podem ser usados sem distinção para determinar a atividade antioxidante em mirtilos.

Tabela 6 - Antocianinas, quercetinas e compostos fenólicos de frutos de mirtileiros ‘Emerald’ e ‘Jewel’ colhidos em Piracicaba – SP em agosto e outubro de 2015

Época	Antocianinas mg 100 g^{-1}		Quercetinas mg 100 g^{-1}		Compostos fenólicos mg 100 g^{-1}	
	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel
Agosto	83,7 a B	84,2* a A	32,8 a B	32,1 a A	679,36 a A	639,37 a A
Outubro	98,6 a A	74,5 b B	36,9 a A	31,6 b A	675,19 a A	458,66 b B

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
*Médias originais. Dados foram transformados: log_{10}

Tabela 7 – Atividade antioxidante de frutos de mirtileiros ‘Emerald’ e ‘Jewel’ colhidos em Piracicaba – SP em agosto e outubro de 2015

Época	ABTS % sequestro		DPPH % sequestro	
	Emerald	Jewel	Emerald	Jewel
Agosto	41* a A	38 b A	56 a A	49 b A
Média	41 a A	23 b B	44 a B	27 b B

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade
*Médias originais. Dados foram transformados: y^2

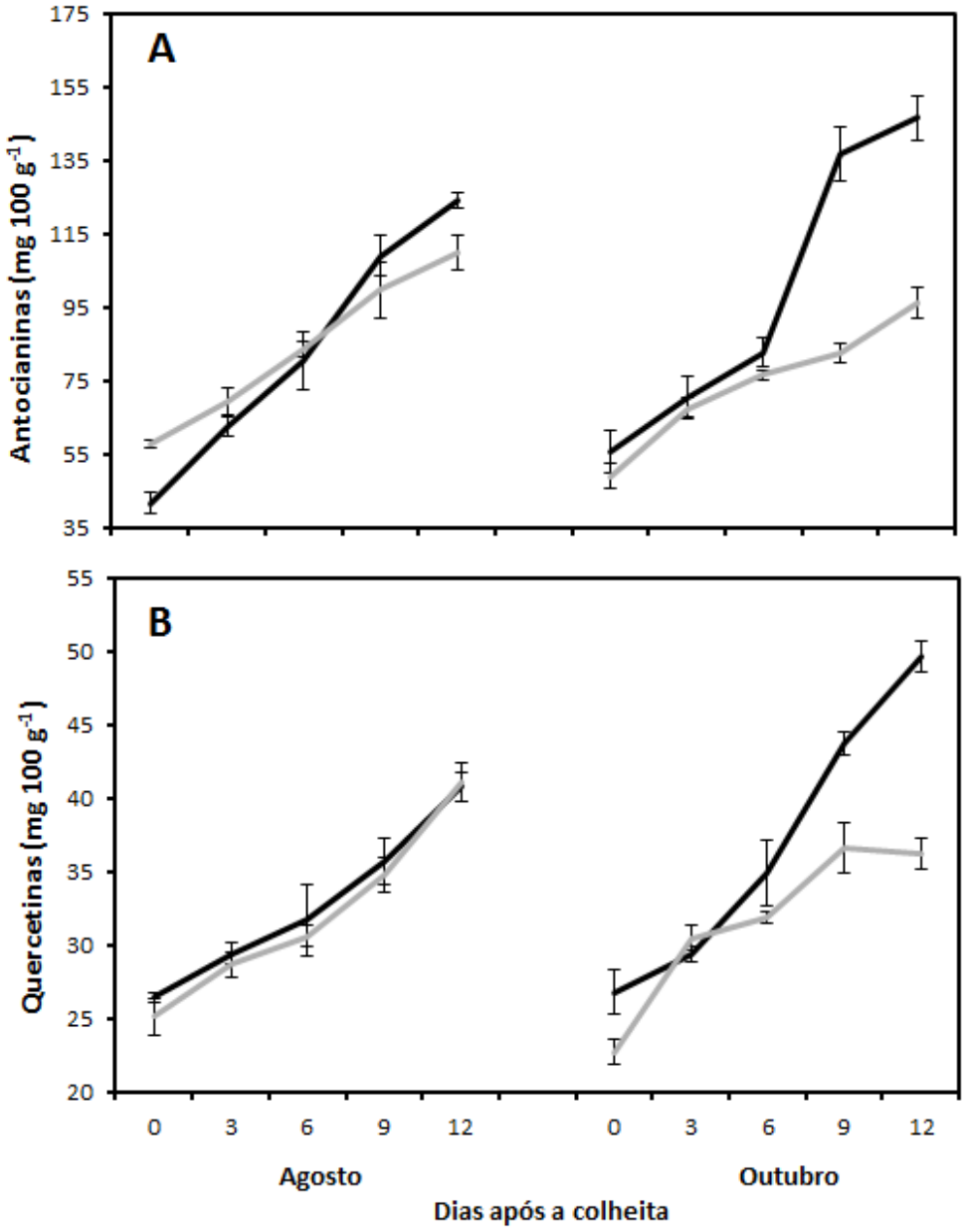

Figura 6 – Antocianinas (A) e quercetinas (B) de frutos de mirtileiro cv. Emerald (preto) e Jewel (cinza) avaliados por 12 dias, colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba - SP

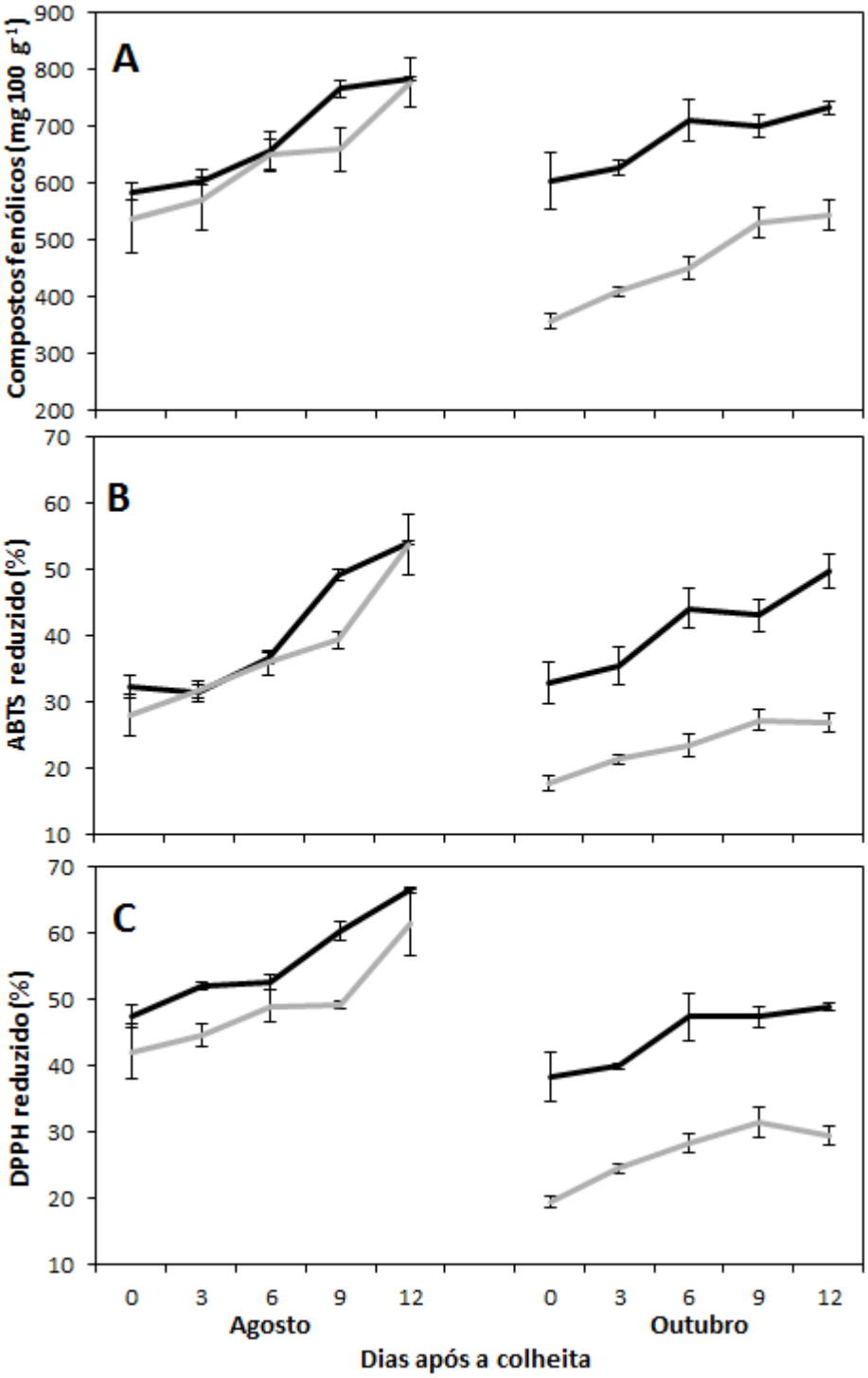

Figura 7 – Compostos fenólicos (A) ABTS (B) e DPPH (C) de frutos de mirtileiro cv. Emerald (preto) e Jewel (cinza) avaliados por 12 dias, colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba - SP

A coloração de casca, medida pelas coordenadas CIE L* a* b* não apresentou diferenças estatísticas (dados não apresentados). Isto indica que as cultivares possuem a mesma coloração, e que esta não se altera de acordo com a

época de colheita. Entretanto, a intensidade da cor representada pela cromaticidade foi diferente entre os frutos das cultivares Emerald e Jewel em outubro, variando de 1,72 a 1,98 (Tabela 8). Por outro lado, frutos de ‘Jewel’ colhidos em outubro apresentaram um roxo mais intenso que os frutos de ‘Emerald’. Sappers et al. (1984) não observaram diferenças na coloração de frutos de onze cultivares de mirtileiros. Os valores para cromaticidade encontrados em frutos de duas cultivares de mirtileiros do grupo *Highbush* cultivados na Coreia do Sul foram superiores aos obtidos neste trabalho, com valores variando entre 2,86 e 3,84. De acordo com a figura 8, a cromaticidade se elevou ao longo dos dias de armazenamento, representando uma maior intensidade de roxo após a colheita. Estes dados estão de acordo com o incremento do teor de antocianinas ao longo dos dias após a colheita, visto que são estes os pigmentos que conferem a cor roxa dos frutos. Lima et al. (2014) também obtiveram em frutos de mirtilo, valor de cromaticidade crescente até o quinto dia após armazenamento refrigerado.

Tabela 8 - Valores médios dos cinco dias de avaliação para cromaticidade de frutos de mirtileiro das cultivares Emerald e Jewel em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba – SP

Época	Cromaticidade	
	Emerald	Jewel
Agosto	1,74 a A	1,89* a A
Outubro	1,72 b A	1,98 a A

Médias seguidas por letras iguais, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade
*Médias originais. Dados foram transformados: $y^{2,6}$

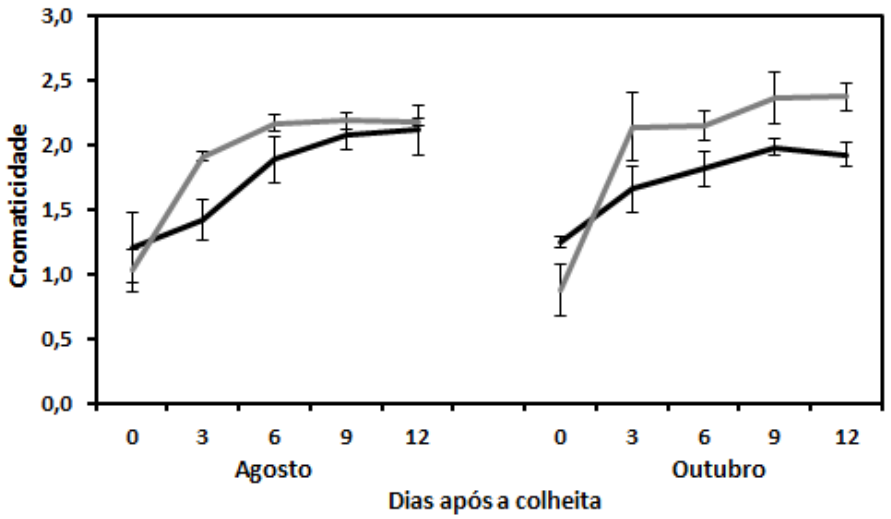

Figura 8 – Cromaticidade de frutos de mirtileiro cv. Emerald (preto) e Jewel (cinza) avaliados por 12 dias, colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba - SP

O modelo de ACP desenvolvido para as duas cultivares (Figura 9) mostrou que dois componentes principais foram capazes de explicar 85% da variação total dos dados, em que o Componente I explicou 46% e o Componente II 39%, sendo os dias após a colheita caracterizados pelo componente I e as épocas de colheita pelo componente II. Nota-se um alinhamento dos grupos de cada cultivar para cada época com o valor mais à esquerda sendo os dias 0, ou seja, o dia de colheita e o valor mais à direita sendo o dia 12.

De acordo com o componente I, os frutos no dia de colheita foram caracterizados por apresentarem maior firmeza. Nos demais dias de armazenamento os frutos foram caracterizados pelo maior teor de antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Esta informação corrobora dados anteriormente apresentados, onde os valores para compostos fenólicos, antocianinas, quercetinas, bem como a atividade antioxidante aumentam ao longo do tempo de armazenamento. Segundo o componente II, a colheita de agosto resultou em frutos com maior acidez, menor teor de sólidos solúveis totais (Figura 9) e maior massa dos frutos (Tabela 4) para ambas as cultivares. Sendo assim, a colheita de outubro resultou em frutos com valores de *ratio* superior para ambas as cultivares, porém, com menor massa e diâmetro. Além disso, frutos de ‘Emerald’ foram mais ácidos em agosto e menos ácidos em outubro, quando comparados a ‘Jewel’ (Figura 9).

Foi possível relacionar as variáveis entre si (Figura 9). Valores de antocianinas, quercetinas e cromaticidade nos frutos são altamente dependentes e correlacionados. Da mesma forma que compostos fenólicos e a atividade antioxidante (representada por ABTS e DPPH). Além disso, a firmeza se opõe aos teores de compostos fenólicos, atividade antioxidante, antocianinas, quercetinas e croma, evidenciando as mudanças na qualidade da fruta ao longo dos dias de avaliação (Figura 9).

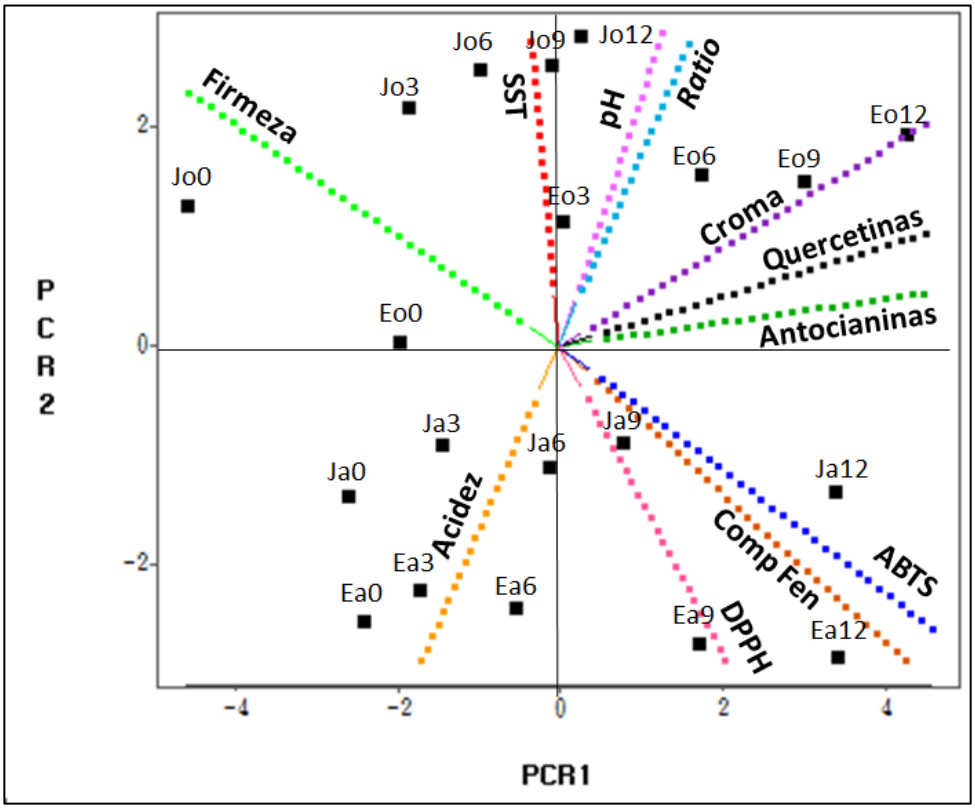

Figura 9 - Analise de componentes principais (ACP) de frutos de mirtileiros ‘Emerald’ e ‘Jewel’ avaliados por 12 dias, colhidos em agosto e outubro de 2015 em Piracicaba – SP. Legenda: J – ‘Jewel’; E – ‘Emerald’; a – agosto; o – outubro; 0-12 – dias após a colheita; Comp Fen – Compostos fenólicos totais; Croma – Cromaticidade; SST – sólidos solúveis totais

4.4 Conclusões

Frutos de mirtilos colhidos em agosto são maiores e mais arredondados, porém apresentam menor teor de sólidos solúveis totais e maior acidez. Por outro lado, os frutos colhidos em outubro apresentam maior ratio e coloração mais intensa. ‘Emerald’ possui frutos com maior atividade antioxidante que ‘Jewel’. Os teores de antocianinas, quercetinas, compostos fenólicos totais e

atividade antioxidante diferem entre as cultivares de acordo com as épocas e aumentam ao longo dos dias após a colheita, enquanto pH, acidez e firmeza decrescem.

Referências

ACOSTA-MONTOYA, O.; VAILLANT, F.; COZZANO, S.; MERTZ, C.; PÉREZ, A.M.; CASTRO, M.V. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schltdl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 119, n. 4, p. 1497-1501, 2010.

ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; TREVISAN, R. Alterações de compostos fenólicos e pectina em pós-colheita de frutos de amora-preta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 57-61, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18th ed. Washington, 2010. p. 37-45.

BEAUDRY, R.M. Blueberry quality characteristics and how can they be optimized. **Annual Report of the Michigan State Horticultural Society**, Morrice, v. 122, p. 140-145, 1992.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, p. 25-30, 1995.

BREMER, V.; CRISOSTO, G.; MOLINAR, R.; JIMENEZ, M.; DOLLAHITE, S.; CRISOSTO, C.H. San Joaquin Valley blueberries evaluated for quality attributes. **California Agriculture**, Davis, v. 62, p. 91-96, 2008.

BUNEA, A.; RUGINĂ, D.O.; PINTEA, A.M.; SCONŢA, Z.; BUNEA, C.; SOCACIU, C. Comparative polyphenolic content and antioxidant activities of some wild and cultivated blueberries from Romania. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 39, n. 2, p. 70-76, 2011.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 14-18, 1995.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças:** fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

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

EUM, H.L.; HONG, S.C.; CHUN, C.; SHIN, I.S.; LEE, B.Y.; KIM, H.K.; HONG, S.J. Influence of temperature during transport on shelf-life quality of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. cvs. Bluetta, Duke). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, Seul, v. 54, p. 128-133, 2013.

GARCÍA, J.M.; MEDINA, R.J.; OLÍAS, J.M. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 6, p. 1037-1041, 1998.

GIOVANELLI, G.; BURATTI, S. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. **Food Chemistry**, London, v. 112, p. 903-908, 2009.

GÜNDÜZ, K.; SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. Variation among highbush and Rabbiteye cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego v. 38, p. 69-79, 2014.

HASSIMOTTO, N.M.A.; GENOVESE. M.I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary vegetables, fruits and commercial frozen fruits pulp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

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.

JIMENES, I.M.; SILVA, R.S.; TEZOTTO-ULIANA, J.V.; CANTUARIAS-AVILES, T.E. Comportamento pós-colheita de mirtilos da variedade ‘Snowchaser’ armazenados à temperatura ambiente In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, FLORES E HORTALIÇAS, 1., 2015, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2015. 4 p.

KALT, W.; FORNEY, C.F.; MARTIN, A.; PRIOR, R.L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 4638-4644, 1999.

LEES, D.H.; FRANCIS, F.J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LIMA, R.A.Z.; NUNES, S.P.; NASSUR, R.C.M.R.; LIMA, L.C.O.; CHALFUN, N.N.J. Mirtilos em diferentes estádios de maturação: caracterização físico-química durante o armazenamento refrigerado. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 23., 2014, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2014. 6 p.

LINDBLOOM, B.J. **Delta E (CIE 1994)**. 2011. Disponível em: <http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_DeltaE_CIE94.html>. Acesso em: 05 jan. 2016.

LOY, F.S.; GOULART, C.; ROSA JUNIOR, H.F.; PEREIRA, R.R.; MALGARIM, M.B.; FACHINELO, J.C.; FISHER, D.L. Conservação de mirtilos 'Delite' em armazenamento refrigerado. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**. Hermosillo, v. 14, n. 1, p. 40-43, 2013.

LYRENE, P.M. 'Emerald' Southern highbush blueberry. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 5, p. 1606-1607, 2008.

MEDEIROS, J.G.S.; BIASI, L.A.; CUQUEL, F.L.; D'ANGELO, J.W.O. Caracterização físico-química de mirtilo comercializado em Curitiba/PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, FLORES E HORTALIÇAS, 1., 2015, Aracaju. **Anais...** Aracaju: OCT Eventos, 2015. 4 p.

MORAES, F.P.; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p.109-122, 2006.

MORAES, J.O de; PERTUZATTI, P.B.; CORRÊA, F.V.; SALAS-MELLADO, M.L.M. Estudo do mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) no processamento de produtos alimentícios. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 18-22, 2007.

MOYER, R.A. HUMMER, K.E.; FINN, C.E; FREI, B.; WROLSTAD, R.E. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 519-525, 2002.

OGDEN, A.B.; IERSEL, M.W.V. *Southern* highbush blueberry production in high tunnels: temperatures, development, yield and fruit quality during the establishment years. **HortScience**, Alexandria, v. 44, n. 7, p. 1850-1856, 2009.

PRIOR, R.L.; CAO, G.; MARTIN, A.; SOFIC, E; McEWEN, J.; O'BRIEN, C.; NEAL, L.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C.M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 2686- 2693, 1998.

R CORE TEAM. **R:** a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 jan. 2016.

RASEIRA, M.C.B.; ANTUNES, L.E.C. **A cultura do mirtilo.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 64 p. (Documento, 121).

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine,** New York, v. 26, p. 1231–1237, 1999.

RODRIGUES, E.; POERNER, N.; ROCKENBACH, I.I.; GONZAGA, L.V.; MENDES, C.R.; FETT, R. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, p. 911-917, 2011.

SAFTNER, R.; POLASHOCK, J.; EHLENFELDT, M.; VINYARD, B. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Leuven, v. 49, n. 1, p. 19–26, 2008.

SAPERS, G.M.; BURGHER, A.M.; PHILLIPS, J.G.; JONES, S.B.; STONE, E.G. Color and composition of highbush blueberry cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 109, p. 105-111, 1984.

SAS INSTITUTE. **SAS 9.0.** Cary, 2002-2004.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C.C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 2432-2438, 2002.

SEVERO, J.; MONTE, F.G.; CASARIL, J.; SCHREINERT, R.S.; ZANATTA, O.; ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante de morango e mirtilo. In: SIMPÓSIO DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 103.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144-158, 1965.

SNE, E.; KAMPUSE, S.; BERNA, E. The composition of sugars and sugar-acid ratio of highbush blueberry varieties grown in Latvia. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, 17., 2011, Jelgva. **Research for rural development:** proceedings... Jelgva: Latvia University of Agriculture, 2011. p. 144-144.

SOUSA, M.B.; CURADO, T.; VIEIRA, S. Características físicas, químicas e sensoriais de cultivares de mirtilo (*Vaccinium sp*) introduzidas em Portugal. In: ENCONTRO DE QUÍMICA DE ALIMENTOS: QUALIDADE, SEGURANÇA & INOVAÇÃO, 5., 2001, Porto. **Actas…** Porto: Sociedade Portuguesa de Química, 2001. p. 349-351.

TARUSCIO, T.G.; BARNEY, D.L.; EXON, J. Content and profile of flavanoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of northwest Vaccinium berries. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Easton, v. 52, p. 3169-3176, 2004.

TEZOTTO, J.V. **Métodos de conservação de framboesas in natura**. 2012. 103 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.

US HIGHBUSH BLUEBERRY COUNCIL. 2013. Disponível em: <http://blueberry.org>. Acesso em: 13 maio 2014.

WILLIAMSON, J.G.; OLMSTEAD, J.W.; ENGLAND, G.K.; LYRENE, P.M. **Southern highbush blueberry cultivars from the University of Florida**. Gainesville: Horticultural Sciences Department, 2014. 8 p. (HS, 1245).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda pelo consumo de mirtilos, principalmente por países do Hemisfério Norte, tem impulsionado o cultivo da fruta em países que produzem na entressafra dos mesmos, como o Brasil. A produção brasileira ainda está concentrada na região Sul do país e em alguns locais de altitude de São Paulo e Minas Gerais, utilizando cultivares exigentes em frio.

São Paulo, por ser o principal estado consumidor da fruta *in natura* possui grande potencial de se tornar um grande produtor, o que se tornaria possível com o cultivo das cultivares Emerald e Jewel, pertencentes ao grupo *Southern Highbush*, originalmente de baixa exigência em frio, mas que floresceu e produziu em ambiente subtropical, com poucas horas de ocorrência de temperaturas abaixo de 7,2 ºC, como recomendado na literatura.

Nesse ambiente, essas cultivares apresentaram fases de crescimento, florescimento e frutificação ao longo do ano, o que não ocorre naturalmente em regiões mais frias, em que o período para a ocorrência dessas fases é concentrado. Isso nos levar a refletir que em ambiente subtropical, é preciso adequar o manejo para essas cultivares que não possuem dormência, tampouco repouso fisiológico. Além disso, é possível com o cultivo desses materiais genéticos obter frutos no período de entressafra do mercado interno e externo, com qualidade para serem comercializados, o que pode se tornar uma alternativa de renda em pequenas áreas de cultivo.

APÊNDICES

Apêndice A

Apêndice A - Localização da Chácara Catavento distando cerca de 7 km da estação meteorológica da ESALQ/USP em Piracicaba-SP

ANEXOS

Anexo A

Anexo A - Médias mensais de temperaturas mínimas, máximas e médias de março de 2014 a abril de 2015 no município de Piracicaba – SP

Mês	TMED*	TMAX*	TMIN*
	ºC	ºC	ºC
mar/14	24,6	31,7	19,2
abr/14	22,6	29,5	16,8
mai/14	19,8	27,1	13,6
jun/14	19,2	27,0	12,6
jul/14	18,4	26,1	11,8
ago/14	20,0	29,0	11,8
set/14	22,8	31,1	16,1
out/14	24,3	32,6	16,6
nov/14	24,6	31,5	19,4
dez/14	25,9	33,2	20,7
jan/15	27,6	35,3	22,0
fev/15	26,0	33,4	21,2
mar/15	25,0	31,6	20,7
abr/15	23,2	30,2	17,6

*Os dados de temperatura foram obtidos no posto meteorológico da ESALQ/USP