



MAYARA NEVES SANTOS GUEDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA,
QUÍMICA E ARMAZENAMENTO DE AMORAS
CULTIVADAS EM CLIMA TROPICAL DE
ALTITUDE.**

LAVRAS - MG

2013

MAYARA NEVES SANTOS GUEDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO, FÍSICO-QUÍMICA, QUÍMICA E
ARMAZENAMENTO DE AMORAS CULTIVADAS EM CLIMA TROPICAL
DE ALTITUDE.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Guedes, Mayara Neves Santos.

Caracterização física, físico-química, química e armazenamento de amoras cultivadas em clima tropical de altitude / Mayara Neves Santos Guedes. – Lavras : UFLA, 2013.

127 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.

Bibliografia.

1. Cloreto de cálcio. 2. 1-Metilciclopropeno. 3. Compostos bioativos. 4. Conservação de amora. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.804713

MAYARA NEVES SANTOS GUEDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO, FÍSICO-QUÍMICA, QUÍMICA E
ARMAZENAMENTO DE AMORAS CULTIVADAS EM CLIMA TROPICAL
DE ALTITUDE.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 2 de agosto de 2013.

| | |
|--|--------|
| Dra. Luana Aparecida Castilho Maro | UTFPR |
| Dra. Polyanna Alves Silva | FACICA |
| Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho | UFLA |
| Dra. Nísia Andrade Villela Dessimoni Pinto | UFVJM |

Dra. Celeste Maria Patto de Abreu
Orientadora

LAVRAS - MG

2013

AGRADECIMENTOS

A DEUS!!

A professora, amiga e orientadora Dra. Celeste Maria Patto de Abreu, pela confiança e ensinamentos no curso e na vida profissional;

Ao professor Rafael Pio, agradeço pela coorientação;

Aos membros da banca examinadora pela disposição em participar da defesa e pelas sugestões e correções que muito enriqueceram este trabalho;

Aos professores da área do Departamento de Química, pelos ensinamentos constantes transmitidos;

A Luana e Leonardo, amigos de todas as horas, de todos os momentos. Valeu por tudo...!!

Ao João Otávio pela colaboração valiosa deste trabalho;

A Xulita pela amizade, carinho, apoio em todos os momentos;

Ao proprietário do sítio, Ernani, em disponibilizar os frutos de Amora-preta para a execução desse trabalho;

Aos sempre amigos do laboratório de bioquímica, Rafaela, Vinícius, Mariene, Tamara, Juliana, Priscila, Lucas, Fabíola, Mariana, Ana Paula, Anderson, Estela e Poliana;

Aos funcionários da UFLA, Cidinha, Marcelo, Jussara, Liege, Eula, Wilson, Shirley e Míriam;

Aos grandes amigos de Lavras Dona Lia, Maria & Anderson, Thomas & Pathy, Adriano e Ale, essenciais nesse percurso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

A Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Química, pela oportunidade de realização do curso.

RESUMO

O consumo de frutos pela população tem aumentado significativamente nos últimos anos. O acesso à informação sobre os benefícios dos constituintes químicos dos frutos à saúde tem sido um dos fatores responsáveis por esse aumento. Vários estudos epidemiológicos tem mostrado uma menor incidência de doenças crônicas não transmissíveis associada ao elevado consumo de frutos e hortaliças na dieta. Frutos de amoras são uma excelente fonte de antioxidantes naturais, que é um dos fundamentais motivos para sua crescente notoriedade na dieta humana. Devido aos seus teores de compostos fenólicos, flavonóides, antocianinas, ácido ascórbico, as frutos de amora mostram-se potencial antioxidante elevado, assim sendo eficientes na promoção da saúde humana e prevenção de doenças cardíacas, cancerígenas e neurodegenerativas. Adicionalmente, podem proporcionar propriedades alimentares úteis tecnologicamente. O conhecimento sobre a composição química, nutricional e antioxidantes, tratamentos pós colheita que sejam eficientes em manter a qualidade de amoras é escasso. Desta forma, este trabalho avaliou as características físicas, a composição físico-química, química e a conservação de diferentes cultivares de amoreira cultivadas nas cidades de Lavras e Senador Amaral ('Brazos', 'Caingangue' e 'Guarani') sul de Minas Gerais com clima tropical de altitude; além de estudar o efeito dos tratamentos com cloreto de cálcio e com 1-metilciclopropeno associando-se a refrigeração, na conservação e qualidade de amoras. Essa pesquisa foi realizada no laboratório de bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras-(UFLA), Minas Gerais, utilizando frutos de amoreiras cultivadas no pomar da UFLA ('Arapaho', 'Brazos', 'Caingangue', 'Cherokee', 'Choctaw', 'Comanche', 'Ébano', 'Tupy' e 'Xavante' e espécie de amora silvestre) e para os tratamentos de pós-colheita foram utilizadas cultivares de amora-preta 'Brazos', 'Caingangue' e 'Guarani' cultivadas na cidade de Senador Amaral- MG. De acordo com os resultados obtidos, foram encontradas diferenças significativas para frutos das diferentes cultivares estudadas. As amoras-preta 'Choctaw' e 'Xavante' se destacaram com os maiores teores de minerais. A 'Caingangue' apresentou maior teor de sólidos solúveis e a cultivar Ébano com a maior concentração de vitamina C e frutos mais firmes. Verificou-se também que as variáveis químicas em frutos das diferentes cultivares de amoreira-preta apresentaram pouca correlação significativa com os teores de macrominerais presentes e o oposto foi obtido para os micronutrientes. Os resultados também sugerem a incorporação da cultivar Ébano e espécie de amoreira silvestre, por apresentar características distintas, que visem a obtenção de frutos de características similares aos progenitores, principalmente aos compostos bioativos. Quanto a conservação das amoras, o tratamento com cloreto de cálcio

foi eficiente em retardar a degradação das pectinas. Entretanto não foi eficiente em manter os teores de antocianinas, sólidos solúveis, ácido ascórbico e atividade antioxidante durante o armazenamento. O 1-MCP (SmartFresh®) foi eficiente em manter o teor de antocianinas, ácido ascórbico e atividade antioxidante durante o armazenamento. Contudo, as características químicas combinadas com as características nutricionais podem ser propostas como excelentes ferramentas para seleção de cultivares de qualidade superior e elevado valor nutricional.

Palavra chave: Cloreto de cálcio. 1-Metilciclopropeno. Compostos bioativos e minerais. Atividade antioxidante.

ABSTRACT

Fruit consumption of the population has increased significantly in recent years. Access to information about the benefits of the chemical constituents of the fruits of health has been one of the factors responsible for this increase. Several epidemiological studies have shown a lower incidence of non-communicable chronic diseases associated with high consumption of fruits and vegetables in the diet. Blackberry fruits are an excellent source of natural antioxidants, which is one of the main reasons for his growing notoriety in the human diet. Due to the level of concentration of phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins, ascorbic acid, blackberry fruits are high antioxidant potential, and is therefore effective in health promotion and prevention of heart disease, cancer and neurodegenerative diseases . Furthermore, dietary properties can provide useful information technologically. Knowledge of the chemical composition, nutritional and antioxidant, post-harvest treatments are effective in maintaining the quality of berries is scarce. Therefore, this study evaluated the character physical, physico-chemical, chemical and conservation of different blackberry cultivars grown in the cities of Lavras and Senador Amaral ('Brazos', 'Caingangue' and 'Guarani') to highland southern Minas Gerais tropical climate, in addition to studying the effect of treatment with calcium chloride and 1-methylcyclopropene associate refrigeration, conservation and quality of blackberries. This survey was conducted in the laboratory of Biochemistry, Department of Chemistry Federal University of Lavras (UFLA), Minas Gerais, with fruit grown in the orchard of blackberry UFLA ('Arapaho', 'Brazos', 'Caingangue', 'Cherokee', 'Choctaw', 'Comanche', 'Ebano' , 'Tupy' and 'Xavante' and species of wild blackberry) and for post-harvest treatments were used 'Brazos', 'Caingangue' and 'Guarani' blackberry cultivars, raised in the city of Amaral Senador- Minas Gerais. According to the results, significant differences were found for the fruits of different cultivars. The blackberries 'Choctaw' and 'Xavante' stood out with the highest levels of minerais. The 'Caingangue' showed higher content of soluble solids and Ebano cultivar with the highest concentration of vitamin C and firmer fruit. We also found that the chemical variables fruits blackberries thee different cultivars showed little correlation with present levels of macro minerals and micronutrients showed opposites. The results also suggest that incorporating Ebano agriculture and species of wild thee blackberry, by presenting different characteristics that aim to improve fruit characteristics similar to the parents, especially the bioactive compounds. As the conservation of blackberries, calcium chloride treatment was effective in retarding the degradation of pectins. However was not effective in maintaining the levels of anthocyanins, soluble solids, ascorbic acid and antioxidant activity during storage. 1-MCP (SmartFresh ®) was effective in maintaining anthocyanins, ascorbic acid and antioxidant activity during storage.

Still, the chemical properties combined with the nutrient may be offer as excellent tools for selecting varieties of superior quality and high nutritional value. Still, the chemical properties combined with the nutrient may be proposed as excellent tools for selecting varieties of superior quality and high nutritional value.

Keywords: Calcium chloride. 1-Methylcyclopropene. Minerals and bioactive compounds. The antioxidant activity.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 13 |
| 2.1 Considerações gerais da <i>Rubus</i> spp..... | 13 |
| 2.2 Conservação pós-colheita..... | 19 |
| REFERÊNCIAS | 26 |
| ARTIGO1- Chemical characterization and mineral levels in the fruits of blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation Normas da Revista Acta Scientiarum (Versão publicada)..... | 37 |
| ARTIGO 2- Compostos bioativos, atividade antioxidante e dissimilaridade genética entre cultivares de amoreiras cultivadas em região de inverno ameno Normas da Revista Brasileira de Fruticultura (Versão preliminar) | 55 |
| ARTIGO 3- Cloreto de cálcio e 1-Metilciclopropeno na preservação da qualidade pós-colheita de frutos de diferentes cultivares de amoreira-preta Normas da Revista Brasileira de Fruticultura (Versão preliminar) | 80 |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 119 |
| ANEXOS | 122 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é privilegiado pela biodiversidade de sua flora (Lorenzi et al; 2006), onde as condições edafoclimáticas favorecem o cultivo de centenas de frutíferas, em destaque as espécies frutíferas de clima temperado. No entanto a produção brasileira das principais espécies frutíferas de clima temperado é insuficiente para atender a demanda interna, gerando uma crescente necessidade de importação de frutos que podem ser produzidas no Brasil (Antunes, 2002).

Embora a maioria das plantações comerciais de árvores frutíferas, seja cultivada por grandes empresas comerciais, a exploração de espécies de pequenos frutos recebe muita atenção em projetos que visem o desenvolvimento rural e a agricultura de conservação nos países em desenvolvimento.

Em meio às várias opções de espécies frutíferas com boas perspectivas de comercialização, surge a amora (*Rubus spp.*) como umas das mais promissoras. A amora é uma fruta pertencente ao grupo dos pequenos frutos vermelhos, que vem sendo aos poucos adaptadas as condições climáticas do Brasil. Tem mostrado sensível crescimento nos últimos anos no Rio Grande do Sul, apresenta elevado potencial para ser cultivada no estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais. No Rio Grande do Sul, a amora-preta tem apresentado grande aceitação de cultivo pelos produtores, devido ao seu baixo custo de produção, facilidade de manejo, rusticidade, pouca utilização de defensivos agrícolas e elevado valor comercial.

As amoras são frutos muito perecíveis, conseqüentemente as perdas pós-colheita podem alcançar níveis significativos, caso não sejam empregadas práticas corretas de conservação. Quando colhidos, os frutos não podem ser munidos de água e nutrientes como quando estavam na planta uma vez que esse acontecimento os tornam deterioráveis após a colheita. Essas perdas podem ser minimizadas com a utilização de métodos de conservação, com destaque,

resfriamento, armazenamento refrigerado, uso de revestimento (comestíveis ou não) e inibidores da síntese e ação do etileno, dentre outros. Dentre os inibidores da ação do etileno temos o 1-MCP 1-metilciclopreno (1-MCP) que associado à refrigeração tem sido estudado como alternativa para conservação pós-colheita de frutos, para aumentar a vida útil, retardando a senescência do fruto e conservando suas qualidades físicas, químicas, sensoriais e nutricionais.

Outro método de conservação seria a aplicação de cálcio (Ca) na pós-colheita como alternativa para estender a vida útil dos frutos, retardando a senescência e conservando sua qualidade por mais tempo.

Os frutos pertencentes ao grupo das pequenas frutos vermelhas tais como: amora, morango e framboesa, possuem fitoquímicos que exibem propriedades benéficas à saúde, como os antioxidantes com destaque para os pigmentos antociânicos e flavonóides.

Deste modo é importante analisar a quantidade das substâncias antioxidantes presentes em frutos de amoreira preta e amoreira silvestre, cultivadas no município de Lavras-MG. O município está inserido no Campo das Vertentes. Possui clima subtropical, condições climáticas diferentemente do seu local de origem – norte Europeu- a região apresenta condições climáticas peculiares do clima subtropical. Uma vez que é sabido que os teores de compostos bioativos variam de acordo com a região de cultivo. Além disso, o conhecimento acerca de como os diversos processos de transformação, isto é, armazenamento tratamentos pós-colheita, afeta o conteúdo e a atividade antioxidante dos compostos bioativos é extremamente desejável.

A caracterização físico-química e química de cultivares de amora-preta cultivadas em Lavras, tratadas com 1-MCP e cloreto de cálcio sob condições de armazenamento refrigerado, permitiu a obtenção de informações sobre melhor método de conservação de vida útil pós-colheita que possa viabilizar a produção para consumo *in natura*, além de informações sobre sua composição química.

O incentivo ao cultivo de amora no sul de Minas Gerais surge como uma alternativa que venha estimular uma mudança significativa na matriz produtiva da agricultura familiar da região, trazendo melhoria na qualidade de vida e promovendo novas perspectivas para incrementar a agricultura local.

Considerando o acima exposto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar frutos de 10 diferentes cultivares de amoreira-preta e frutos de uma espécie de amoreira-silvestre, através de análises físicas, físicas-químicas e químicas; e estudar o efeito dos tratamentos com cloreto de cálcio e com 1-Metilciclopropeno associando-se a refrigeração, na conservação e qualidade de amora-preta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações gerais da *Rubus* spp

A família Rosaceae possui 124 gêneros e 3200 espécies, sendo uma das maiores famílias de Angiospermas. Sua distribuição é cosmopolita, porém concentrada no hemisfério norte, ocorrendo também no Brasil 9 gêneros nativos e 25 espécies (GRANDI e GROPPPO, 2007). Pertencente a essa família tem-se o gênero *Rubus*, que compreende as amoras *Rubus rosifolius* Smith. (Amora silvestre, nativa do Brasil), *Rubus erythrocladus* (amora verde, nativa do Brasil) e *Rubus ulmifolius* (amora preta, nativa da Europa e América do Norte) (LORENZI et al., 2006).

O cultivo da amora no Brasil é limitado ao Rio Grande do Sul, Sul de Minas Gerais e apresenta elevado potencial para o estado de São Paulo. É uma planta de clima temperado, que se adapta bem a baixas temperaturas e verões relativamente frescos. Necessita de precipitação entre 700 a 900 mm anuais e altitude superiores a 1.000 metros (CHAGAS et al., 2007).

Os trabalhos de melhoramento genético visam à obtenção de cultivares e a introdução de novas espécies que apresentem características para consumo *in natura* e para industrialização. Conforme Antunes (2002) as cultivares de maior ocorrência no sul do Brasil são: ‘ébano’ - apresenta frutos de tamanho grande (6 a 7g) e razoavelmente firmes, ácidos e com maturação desuniforme ; a ‘tupy’ - produz frutos grandes (8 a 10 gramas), coloração preta e uniforme, sabor equilibrado em acidez e açúcar, consistente e firme, semente pequena, película resistente e aroma intenso; a ‘guarani’ - produz frutos de coloração preta, tamanho médio (5g), firme, película resistente, aroma intenso e teor de sólidos solúveis variando de 8 a 10 °Brix; a ‘caingangue’ - sabor equilibrado entre ácidos e açúcares; fruta firme e de aroma ativo, apresentando teor de sólidos solúveis superior a 9 °Brix; a ‘brazos’ - produz frutos grandes (6 a 8 gramas), firmes, de sabor ácido e adstringente, com teor de sólido solúveis entre 8 e 8,5 °Brix; a ‘comanche’ - frutos grandes (4 a 7g), atrativos e firmes, de sabor ácido adstringente; a ‘xavante’ - frutos de sabor doce ácido, predominando a acidez, com teor de sólidos solúveis em torno de 8 °Brix, e com peso médio próximo a 6 g; a ‘cherokee’ - os frutos são de tamanho médio (4 a 5g), firmes e de sabor levemente ácido e com teor de sólidos solúveis em torno de 8 a 9 °Brix.

O fruto de amora é um agregado de drupeolos formado pela junção de um grande número de ovários todos da mesma flor e aderentes a um receptáculo comum, os frutos assim formados são frágeis devendo ser evitado o seu excessivo manuseio (JENNINGS, 2003). Assim como morango e as framboesas, os frutos de amora são altamente perecíveis, limitando-se a um dia, sob condições ambientais devido a elevada perda de massa e excesso de podridões (CIA et al., 2007).

Entre as principais características desejáveis para os frutos de amora visando tanto o mercado de frutos *in natura* quanto industrial está a produtividade, o tamanho e o equilíbrio entre as suas características físico e

físico químicas. Os estudos realizados por Antunes et al. (2002), Alvarez et al. (2002) e Pantelidis et al. (2007) indicam que os frutos de amora *in natura* são altamente nutritivos, contém 85% de água, 10% de carboidratos, elevado conteúdo de minerais, vitaminas do complexo B, C e A e cálcio, além de ser fonte de compostos funcionais, como ácido elágico e antocianinas, que são substâncias antioxidantes e anti mutagênicas.

A proporção de açúcares e ácidos orgânicos é considerada como índice de qualidade, pois determina o sabor das frutos, além de definir o momento ideal para a colheita (CHITARRA e CHITARRA 2005).

O teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento das frutos por meio de processos biossintéticos, pela degradação de polissacarídeos ou pela conversão de ácidos orgânicos (CHITARRA e HITARRA, 2005). Resultados como este foram observados por Montoya et al. (2010) em frutos de amora-preta avaliados em três diferentes estádios de maturação 55 ± 5 , 131 ± 5 e 221 ± 15 mg.g⁻¹ de fruta fresca, respectivamente para os estádios de maturação vermelho, meio roxo e escuro azulado.

A frutose é o açúcar mais abundante encontrados em frutos de amora cuja concentração varia de 21,1 a 33,8 mg.g⁻¹, seguido da glicose e sacarose, 15,8 a 26,01 mg.g⁻¹ e 1,2 a 2,6 mg.g⁻¹ respectivamente para cinco cultivares de amoras cultivadas na Turquia (KAFKAS et al., 2006). O teor de sólidos solúveis encontrados para 8 cultivares de amora variaram de (10–13%) °Brix (DU et al., 2010).

O teor de ácidos orgânicos presentes nos frutos é um fator importante para a caracterização das suas propriedades sensoriais, onde a palatabilidade pode ser atribuída à presença de ácidos orgânicos específicos (PÉREZ et al., 1997). Nos frutos, a acidez é geralmente atribuída à liberação de prótons a partir de ácidos como o cítrico, málico, oxálico, quínico, succínico e tartárico, contribuindo cada um com um gosto distinto. O tipo de ácido orgânico

encontrado, e os níveis a que se acumulam são extremamente variáveis entre as espécies, os períodos de desenvolvimento e os tipos de tecidos, impondo também uma forte influência para decisão da época de colheita dos frutos, onde a acidez é importante para posterior processamento (SWEETMAN et al., 2009).

Em estudos de Kafkas et al. (2006) com cinco cultivares de amoras, não encontraram concentração de ácido cítrico, sendo o principal ácido observado no extrato de amora é o ácido málico com concentração variando de 0,6 a 1,1 (mg/g), e quanto ao ácido ascórbico não estava presente em duas das cultivares estudadas.

De acordo com Ercisli e Orhan (2008), os frutos de amora, apresentam teores de minerais que exercem uma função vital no desenvolvimento e na saúde do corpo humano e os frutos são consideradas como importantes fontes de minerais necessários à dieta humana (HARDISSON et al., 2001).

A qualidade do fruto de amora é muito importante, principalmente do ponto de vista comercial onde a coloração é um dos fatores determinantes para a preferência do consumidor. A modificação de cores está relacionada com o grau de amadurecimento de frutos de amora (MONTROYA et al., 2010), sendo os pigmentos antocianicos os principais indicadores da maturação, sendo a cianidina 3-glicosídeo a mais predominante (MOTA, 2006; ELISIA et al., 2007; PATRAS et al., 2009)

O teor de vitamina C encontrado para cinco genótipos de amoras pretas cultivadas ao nordeste da Turquia variaram entre 14,9 e 18,7 mg.100g⁻¹ (ERCISLI, Orhan, 2008). Enquanto que as cinco cultivares cultivadas na estação experimental de Caldas-MG apresentaram teores de vitamina C variando de 9,9 ±0,7 a 21,0 ±2,0 mg.100 g⁻¹.

Outra característica peculiar aos pequenos frutos são seus compostos que apresentam propriedades bioativas (ARCHIVIO et al., 2007). Os frutos de amora-preta assim como os mirtilos, são conhecidas por possuírem níveis

consideráveis de compostos fenólicos, compreendendo as antocianinas, flavonóis, ácidos clorogênico e procianidinas, que têm alta atividade biológica e podem fornecer benefícios a saúde (CHO et al., 2005, PANTELIDIS et al., 2007).

Os polifenóis são compostos fenólicos oriundos do metabolismo secundário e desempenham uma variedade de funções fisiológicas importantes nos vegetais (TAIZ e ZEIGER 2004). Os diferentes grupos de polifenóis encontram-se divididos em várias classes, segundo o esqueleto carbônico, dentre as quais se destacam a dos ácidos fenólicos e a dos flavonóides, entre outras (ARCHIVIO et al., 2007). De acordo com Teixeira et al. (2008) e Giehl et al. (2007), os flavonóides são compostos fenólicos que exercem uma potente ação antioxidante. A ação antioxidante não só é uma preocupação exclusiva para a indústria alimentícia, mas amplamente necessária para evitar a deterioração de outros bens oxidáveis, tais como cosméticos, produtos farmacêuticos e plásticos (MOURE et al., 2001).

Alonso et al. (2004) observaram maior potencial antioxidante para caqui ($406,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$), amora-preta ($192,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$), mirtilo ($187,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$), morango ($163,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$) e os mais baixos para a bacate ($1,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$), figo verde ($4,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$) e pera ($3,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$), pelo método TEAC, concluindo que a especificidade para alguns frutos que demonstram maior atividade antioxidante serem ricos em antocianinas.

As antocianinas são um dos mais atraentes pigmentos fenólicos de plantas do grupo dos flavonóides (VENDRAMINI e TRUGO., 2004) responsáveis pelas cores, rosa, vermelho, até tonalidades como, roxa, azul e preta dos vegetais presentes em flores, frutos, sementes e folhas (GAMARRA et al., 2009).

Segundo Tate et al. (2003) e Melo et al. (2008), a composição dos polifenóis podem variar em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade,

estádio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas). Koca et al. (2009), observaram valores superiores da atividade antioxidante pelo método FRAP, em frutos de amoreiras silvestres ($40,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$) quando comparadas com frutos de cultivares de amoreiras cultivadas ($60,00 \mu\text{mol.g}^{-1}$).

Em outro estudo de cultivares de amora-preta, a cultivar caingangue apresentou maior teor de vitamina C e compostos fenólicos totais, enquanto a cultivar Guarani apresentou maiores atividades antioxidantes, flavonóis totais e antocianinas (HASSIMOTTO et al., 2008).

Wang et al. (2008) observaram que amoras-pretas, morangos e framboesas pretas apresentaram os maiores valores de ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity – Capacidade de absorção de radicais de Oxigênio) e compostos fenólicos totais nos estádios de maturação verde. Enquanto Siriwoharn et al. (2004) observaram que o conteúdo total de antocianinas ($131,00\text{-}256,00 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e compostos fenólicos totais ($682,00\text{-}1056,00 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) variaram entre as 11 cultivares de amoras estudadas.

De acordo com Montoya et al. (2010) amoras produzidas em clima tropical apresentaram alto teor de taninos e baixos teores de antocianinas quando comparada com as amoras produzidas em clima temperado, observaram também que os frutos apresentaram capacidade antioxidante elevada, fato que pode ser explicado pelo efeito sinérgico entre os compostos fenólicos.

Além das antocianinas, os carotenóides também são substâncias bioativas que apresentam atividade antioxidante e segundo Marinova e Ribarova, (2007) relataram que frutos de amora-preta apresentaram maiores níveis de carotenoides, zeaxantina, β -criptoxantina, β -criptoxantina e menores de luteína em relação à framboesa vermelha..

Flavonóides presentes em frutos de amora-preta promovem antiproliferação de células do câncer humano e extratos de folhas de *Rubus* sp.

(Rosaceae) apresentam atividade antioxidante e antimicrobiana (Wang et al., 2008).

Como forma de aproveitamento do potencial nutricional, os frutos de amora podem ser utilizadas para consumo *in natura* ou industrializadas na forma de sucos naturais e concentrados (GRANADA et al., 2001; OTA 2006; ARAÚJO et al., 2009), fruta em calda, polpa para sorvetes, corantes naturais e produtos geleificados, como geléias e doces cremosos. (ANTUNES et al., 2002; MOTA et al., 2006).

2.2 Conservação pós-colheita

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutos em qualidade e variedade, mas não o maior exportador, devido principalmente a perdas pós-colheita, que de acordo com o ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, (2012) foi em torno de 21% em 2012. O manejo pós-colheita é uma das etapas mais importantes do processo produtivo de frutos sendo, contudo, descuidado por boa parte dos envolvidos na cadeia produtiva.

O conceito de qualidade de frutos e hortaliças envolve vários atributos sejam eles físicos como massa, tamanho, cor e firmeza, sejam químicos e físico-químicos, como sólidos solúveis, pH, acidez titulável e outros (Fagundes et al., 2001).

Para o controle do índice de maturidade dos frutos, tem sido utilizado o acompanhamento do teor de sólidos solúveis, que indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco tendo como principal constituinte açúcares solúveis presentes no fruto (glicose, frutose e sacarose) (HAPONIK et al., 2003; CHITARRA e CHITARRA, 2005). De acordo com Barros et al. (1996), o excesso de açúcares no fruto pode estar associado a uma rápida deterioração e fermentação, o que reduz a vida útil.

A textura é um atributo essencial na qualidade dos frutos, sendo uma das características mais importantes durante o amadurecimento e senescência, afetando diretamente a vida pós-colheita e o valor comercial do fruto (SOUSA et al., 2007, LUO et al., 2009). Enquanto a firmeza é o parâmetro que melhor caracteriza as mudanças que ocorrem na textura. De acordo com Vicente et al. (2005) uma das transformações que ocorrem nos pequenos frutos vermelhos, como morangos, framboesas e amoras durante o armazenamento pós-colheita é a redução da firmeza.

As amoras-pretas estão no grupo dos frutos frágeis e, conseqüentemente suscetíveis a injúrias mecânicas desde a colheita até o processamento. Meneghel et al. (2008) estudando esses frutos armazenados sob refrigeração não observaram redução da firmeza ao longo do período de armazenamento (18 dias) como ocorre na maioria dos frutos.

A redução da firmeza em frutos é visualizada como amolecimento excessivo, o que diminui a vida útil, facilita a contaminação por microorganismos (LAGAERT et al., 2009) e causa dificuldades durante o armazenamento. A causa desse amolecimento é a degradação da parede celular. As alterações que ocorrem na parede celular durante a maturação dos frutos é um processo bioquímico bem complexo que envolve várias enzimas (PONCE et al., 2010).

As enzimas poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) são as principais responsáveis pela solubilização e despolimerização dos constituintes da parede celular (ANTHON et al., 2002; CHITARRA e CHITARRA, 2005;). A atividade enzimática dessas enzimas foi assunto de estudo em cultivares de amora ‘Brazos’ e ‘Comanche’ mantidas sob diferentes ambientes e períodos de armazenamento, observando um aumento da solubilidade de pectina e pectina solúvel e a redução de pectina total, durante o armazenamento (ANTUNES et al., 2006).

Os danos econômicos ocasionados pelas perdas pós-colheita em frutos podem ser minimizados, quando são desenvolvidas pesquisas no sentido de retardar a senescência do fruto. Para isto, é necessário o conhecimento sobre a fisiologia do fruto e de técnicas para sua conservação pós-colheita, tais como o uso de atmosfera modificada, seja envolvendo frutos em filmes plásticos, seja revestindo-os com ceras, e associados à refrigeração levam a melhores resultados (BICALHO et al., 2000).

O amadurecimento dos frutos é controlado por várias classes de hormônios vegetais num processo embora pouco conhecido (ROSSETTO et al., 2004). Dentre eles, o etileno é o mais estudado devido o fato de ocasionar várias respostas durante o amadurecimento através de uma série de sinais e de milhares de genes que participam não só do amadurecimento, mas também responsável pela deterioração dos frutos (BABAT et al., 2010). De acordo com Romero et al. (2003), afetar a biossíntese do etileno durante o amadurecimento do fruto é a chance para minimizar a deterioração pós-colheita.

As ações para prolongar o período de conservação dos frutos *in natura* estão fundamentadas na redução da atividade metabólica do produto (ZIMMER et al., 1999). A fim de inibir a síntese e a ação do etileno pode se utilizar algumas técnicas, como atmosfera modificada (STEEN et al., 2002), silenciamento químico. Com o uso do ácido aminooxiacético (AOA) (FINGER et al., 2004) e o Aminoetoxivinilglicina (AVG) (STEFFENS et al., 2006). Como inibidores da ação do etileno existem comercialmente o tiosulfato (ICHIMURA & HIRAYA, 1999), 2,5-norbornadieno, diazociclopentadieno (KLUGE et al., 2002) e o 1-metilciclopropeno (TERAO et al., 2003) e além das técnicas de silenciamento genético (QUESADA et al., 2009) que obtém mutantes naturais e plantas transgênicas.

A associação de técnicas de conservação de frutos, como o uso da refrigeração e de inibidores da ação do etileno tem mostrado resultados

eficientes na manutenção da vida pós-colheita dos frutos. O uso da atmosfera modificada associada à refrigeração pode colaborar para a manutenção a qualidade e aumentar o período de conservação dos frutos (CIA et al., 2007).

O armazenamento de frutos em temperaturas baixas ou sob atmosfera controlada podem ser úteis para controlar contaminações microbiológicas logo que colhidas (CRUZ et al., 2001). Os pequenos frutos vermelhos como morango, framboesa, amoras e mirtilo contêm altos níveis de açúcares e outros nutrientes, e contêm uma atividade de água ideal para o crescimento microbiano. O pH baixo desses frutos torna-o particularmente suscetíveis a degradação fúngica, porque uma grande parte da competição bacteriana é eliminada, uma vez que a maioria das bactérias preferem pH próximo ao neutro (TOURNAS e KATSOUZAS, 2005).

Os frutos de amora-preta (*Rubus* sp.) apresentam um período de armazenamento de até 7 dias, segundo Perkins et al., (1997) Antunes et al. (2006) trabalhando com cultivares de amora-preta Brazos e Comanche, armazenadas sob refrigeração (2°C) verificaram que as mesmas mantiveram sua qualidade até seis dias após a colheita, sendo que a partir do nono dia iniciou-se o processo de deterioração. Enquanto Kluge e Nachtigal (1997) relataram que a amora preta pode ser armazenada por 3 dias de -0,5 a 0°C, com umidade relativa (90-95%), porém, quando acondicionadas em filme plástico, podem ser armazenadas por até 12 dias.

Cia et al. (2007) observaram que o uso de embalagem filme PEBD (polietileno linear de baixa densidade) aliado à refrigeração (5°C e 90% UR) é bastante eficaz na redução da perda de massa dos frutos de amora-preta, não alterando significativamente a acidez total, o pH e a relação sólidos solúveis e acidez titulável dos mesmos. Também foi observado nesse mesmo trabalho que os frutos de amora sob condições do ambiente (25°C e 80% UR) restringem-se apenas a um dia, devido a perda de massa e elevada presença de podridões.

O armazenamento de frutos de morango, mirtilo e framboesas a temperaturas acima de 0°C (10°C, 20°C e 30°C) afeta de forma significativa o metabolismo dos fenólicos e o aumento da capacidade antioxidante (KALT et al., 1999). De acordo com Severo et al. (2009), frutos de mirtilo submetidos a atmosfera controlada, associado com refrigeração a 1,5°C, durante 42 dias, apresentam melhor conservação de fitoquímicos e da capacidade antioxidante.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP), tem sido empregado no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de espécies frutíferas, inibindo temporariamente a ação do etileno, em especial o amadurecimento dos frutos (LUO et al., 2009). Ele se liga fortemente ao sítio de ligação do etileno, evitando que sua ligação e ação se procedam (KLUGE et al., 2002).

A utilização do 1-MCP pode ser útil em manter a qualidade pós-colheita de frutos e proporcionar maior vida útil de armazenamento. Inúmeras pesquisas tem sido realizadas a fim de avaliar os efeitos do 1-MCP em retardar o amadurecimento de vários frutos, como abacate (FENG et al., 2000; KLUGE et al., 2002), ameixa (LUO et al., 2009), morango (KU et al., 1999) e nêspera (CAI et al., 2006).

Dosagens elevadas de 1-MCP favoreceram a contaminação da pós-colheita de frutos de melão cv Orange Flesh, enquanto a associação da refrigeração e aplicação de 1-MCP retardou de maneira generalizada o surgimento de fungos evolução de podridões (TERÃO et al., 2003).

De acordo com Alves et al. (2009) o uso do 1-MCP (1,0 $\mu\text{L.L}^{-1}$) e a indução de perda de massa fresca (IPMF) contribuíram para a manutenção da qualidade dos frutos de *Prunus salicina* (ameixa) durante o armazenamento, enquanto o efeito da aplicação somente do 1-MCP se manteve após o armazenamento.

O tratamento de frutos de nêspers (*Eriobotrya japonica*) com 1-MCP retardou as reações enzimáticas envolvidas no escurecimento (CAI et al., 2006).

Ku et al. (1999) observaram que o 1-MCP em baixas concentrações 5-15 μLL^{-1} prolongou a vida pós-colheita de frutos de morangueiro por meio de um retardamento na deterioração, enquanto em altas concentrações, acima de 15 μLL^{-1} , foi observado efeito contrário.

Segundo Blankenship e Blankenship (2003) na maioria dos estudos tem se aplicado o 1-MCP a temperaturas variando de 20-25°C, temperaturas baixas também têm sido utilizadas. Mas há uma relação entre concentração, tempo, temperatura, e as aplicações e efeitos variam de acordo com a cultura.

Romero et al. (2003) observaram o efeito do 1-MCP em duas cultivares de ameixa, sendo que na cv não climatérica as doses aplicadas tiveram efeitos semelhantes, enquanto na cv climatérica a maioria das mudanças apresentou uma dose dependente, indicando que a eficiência da aplicação do 1-MCP está provavelmente ligada à taxa de produção de etileno.

O 1-MCP é uma das mais importantes ferramentas da pós-colheita no armazenamento e no transporte de frutos sensíveis ao etileno, por conservar a qualidade como se fossem recém-colhidas (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Além do 1-MCP, na tentativa de conservar a textura e a firmeza, retardar a senescência e reduzir a taxa respiratória e a produção de etileno, tem sido utilizado a aplicação de cálcio em frutos (MOTA et al., 2002; XISTO et al., 2004; TSANTILi et al., 2008; WEMER et al., 2009).

Segundo Manica (2000) o cálcio está relacionado à qualidade pós-colheita, agindo na regulação do amolecimento de frutos, formando pontes entre os ácidos pécticos e polissacarídeos (MOTA et al., 2002). A aplicação de cálcio atribui resistência mecânica e firmeza aos tecidos integrando-se a substâncias pécticas na lamela média da parede celular (MARSCHNER, 1995). Essas pontes funcionam como sítios anti-senescência e estabilizam a estrutura da parede e da membrana celular, o que dificulta o acesso e/ou interfere na atividade de enzimas hidrolíticas, como as poligalacturonase (PG) e pectinametilsterase

(PME), estas responsáveis pela hidrólise da pectina, causando o amaciamento do fruto (Resende et al., 2004).

Freire Jr. e Chitarra (1999) observaram pequena alteração das características físico-químicas nos frutos de manga 'Tommy Atkins', demonstrando que a aplicação de cloreto de cálcio associada ao tratamento hidrotérmico é viável, não sendo prejudiciais ao produto.

A imersão de frutos de abacaxi (*Ananas comosus*) em solução de CaCl_2 a 2% associado ao tratamento hidrotérmico, diminuiu o índice de escurecimento interno e reduziu a atividade das enzimas polifenoloxidase, fenilalanina amônio liase peroxidase, bem como o teor de compostos fenólicos (GONÇALVES et al., 2000).

Segundo Garcia et al. (1996) a imersão dos frutos de morango em solução de CaCl_2 a 1% foi o tratamento mais eficaz para aumentar o teor de cálcio dos frutos, controlar sua deterioração pós-colheita, manter a sua firmeza e o teor de sólidos solúveis.

O pré-tratamento com CaCl_2 (100 mM) aplicado isoladamente ou combinado com LMP (pecina de baixa metoxilação), deve ser aplicado em frutos de framboesa e amora-preta, a fim de evitar a perda de firmeza induzida por processos de congelamento e descongelamento (SOUSA et al., 2007).

De acordo com Aguayo et al. (2006) a associação dos tratamentos de 1-MCP ($1 \mu\text{LL/L}^{-1}$ 24h 5°C) + CaCl_2 (1% / 2min) + CA (3 kPa O_2 +10 kPa CO_2) retardou as taxas de deterioração, acidez total e o crescimento microbiano em frutos de morango.

Já a utilização da atmosfera controlada permitiu controlar a via de biossíntese do etileno, pela inibição da síntese da ACC oxidase, mantendo os frutos de maçãs, cv. Jonagold com boa qualidade para o consumo *in natura* (ZIMMER et al., 1999).

REFERÊNCIAS

- ABLE, A.J. et al. 1-MCP is more effective on a floral brassica (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) than a leafy brassica (*Brassica rapa* var. *chinensis*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 147–155, 2002.
- AGUAYO, E.; JANSASITHORN, R.; KADER, A. A. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and / or Atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, p. 269-278, 2006.
- ALONSO, G. M. et al. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, v. 84, p. 13-18, 2004.
- ALVAREZ, M. J. et al. Estabilidade de antocianinas em jugos pasteurizados de mora (*Rubus glaucus* Benth). v. 52, n. 2, **supl. 2**, 2002.
- ALVES, E. DE. O. et al. Armazenamento refrigerado de ameixas ‘Laetitia’ com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, 2009.
- ANTHON, G. E. et al. Thermal inactivation of pectin methylesterase, polygalacturonase, and peroxidase in tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6153-6159, 2002.
- ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: nova opção de cultivo no brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 151-158, 2002.
- ANTUNES, L. E. C.; FILHO, J. D.; SOUZA, C. M. de. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2006.
- ANTUNES, L. E. C.; REGINA, M. A.; DUARTE, F. J. **A cultura da amora-preta**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 28 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 69).

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

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2010. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz do Sul, 2010. 128 p.

ARABBI, P.R.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Flavonoids in vegetables foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 5, p. 1124-1131, 2004.

ARAÚJO, P. F. DE. et al. Influência do congelamento sobre as características físico-químicas e o potencial antioxidante de néctar de amora-preta. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 2, 2009.

ARCHIVIO, M. et al. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. **Ann Ist Super Sanità**, Roma, v. 43, n. 4, p. 348-361., 2007.

BABAT, V. A. et al. Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 1, p. 94-107, 2010.

BARROS, R. S.; FINGER, F. L.; MAGALHÃES, M. M. Changes in non-structural carbohydrates in developing fruit of *Myrciaria jaboticaba*. **Scientia Horticulturae**, The Netherlands, v. 16, p. 209-215., 1996.

BEHLING, E. B. et al. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BICALHO, U. DE. O. et al. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de pvc. **Ciência Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 136-146, 2000.

BLANKENSHIP, D.; BLANKENSHIP, J. M. D. 1-Methylcyclopropene: a review, **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 1-25, 2003.

BRAY, T.M.; BETTGER, W. J. The physiological role of zinc as an antioxidant. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 8, n. 3, p. 281-291, 1990.

CAI, C. et al. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, n. 2, p. 155-162, 2006.

CHAGAS, E.A. et al. **Amora-preta: a pequena fruta com elevado potencial de cultivo**. 2007. Disponível em:
<http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/amora/index.htm>. Acesso em: 10 ago.2012.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHO, M.J. et al. Flavonol glycosides and antioxidant capacity of various blackberry and blueberry genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 2149-2158, 2005.

CIA, P. et al. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós colheita da amora-preta. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 11-16, 2007.

CRUZ, R. G. da. et al. Conservação refrigerada de carambolas em embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 279-282, 2001.

DU, X.; FINN, C.E.; QIAN, M. C. Volatile composition and odour-activity value of thornless Black Diamond' and 'Marion' blackberries. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1127-1134, 2010.

ELISIA, I. et al. Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. **Food Chemistry**, v. 101, n. 3, p. 1052-1058, 2007.

ERCISLI, S.; ORHAN, E. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1380–1384, 2007.

ERCISLI, S.; ORHAN, E. Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Northeast Anatolia region of Turkey. **Scientia Horticulturae**, v. 116, n. 1, p. 41-46, 2008.

ERLUND, I. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. **Nutrition Research**, v. 24, n. 10, p. 851-874, 2004.

FAGUNDES, R. G.; YAMANISHI, K. O. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'Solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3., p. 541-545, 2001.

FAO/WHO. 2002. **Expert consultation on human vitamin and mineral requirements**. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy, 290p.

FENG, X. et al. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and technology**, v. 20, n. 2, p. 143-150, 2000.

FINGER, F. L.; CARNEIRO, T. F.; BARBOSA, J. G. Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 533-537, 2004.

FREIRE JR, M.; CHITARRA, A. B. Efeito da aplicação do cloreto de cálcio nos frutos da manga 'Tommy atkins' tratados hidrotermicamente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 761-769, 1999.

GAMARRA, F. M. C. et al. Extração de corantes de milho (*Zea mays* L.). **Ciência Tecnológica de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1., p. 62-69, 2009.

GARCIA, J. M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 1, p. 30-33, 1996.

GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Nobel, 1998.

GIEHL, M. R. et al. Eficácia dos flavonóides da uva, vinho tinto e suco de uva tinto na prevenção e no tratamento secundário da aterosclerose. **Scientia Medica**, v. 17, n. 3, p. 145-155, 2007.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxcoford, v. 2, p. 371-383, 1963.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO de, V.D.; GONÇALVES JR, A. de. Efeito do cloreto de cálcio e do tratamento hidrotérmico na atividade enzimática e no teor de fenólicos do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 2075-2081, 2000.

GRANADA, G. L.; VENDRUSCOLO, J. L.; TREPTOW, R. O. Caracterização química e sensorial de sucos clarificados de amora-preta (*Rubus* spp. L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 143-147, 2001.

GRANDI, L. A.; GROppo, M. Estudo dos gêneros *Prunus* L. e *Rubus* L. (Rosaceae) da Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. In: 15o **Simpósio de Iniciação Científica da USP (SIICUSP)**, 2007, Ribeirão Preto. CD de resumos. Ribeirão Preto, 2007.

HAKKINEN, S. et al. Screening of selected flavonoids and Phenolic acids in 19 berries. **Food Research International**, v. 32, p. 345–353, 1999.

HAPONIK, C. A. et al. Seleção de Progenie de Melões ‘Tupã’ para a Qualidade e Valor Nutricional. **Proceedings of the InterAmerican Society for Tropical Horticulture**, v. 47, p. 58-60., 2003.

HARDISSON, A. et al. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. **Food Chemistry**, v. 73, n. 2, p. 153-161, 2001.

HASSIMOTTO, N. M. A. et al. Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* sp.) grown in Brazil. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 702-708, 2008.

HIDALGO, M.; SÁNCHEZ, C. M.; PASCUAL, S DE. T. Flavonoid-flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 121, n. 3, p. 691-696, 2010.

ICHIMURA, K.; HIPAYA, T. Effects of silver tiosulfate complex (STS) in combination with sucrose on the vase life of cut sweet pea flowers. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 68, p. 23-27, 1999.

JENNINGS, D. L. Blackberries and Related Fruits . **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. (Second Edition) p. 546-550, 2003.

KAFKAS, E. et al. Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. **Food Chemistry**, v. 97, n. 4, p. 732-736, 2006.

KALT, W. et al. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 11, p. 4638-4644, 1999.

KIM, H.O.; HEWETT, E.W.; LALLU, N. Softening and ethylene production of kiwifruit reduced with 1-methylcyclopropene. **Acta Horticulturae**, v. 553, p. 167–170, 2001.

KLUGE, R. A. et al. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 895-901, 2002.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1997.

KOCA, I.; KARADENIZ, B. Antioxidant properties of blackberry and blueberry fruits grown in the Black Sea Region of Turkey. **Scientia Horticulturae**, v. 121, n. 4, p. 447-450, 2009.

KU, V. V. V.; WILLS, R. B. H.; YEHOSHUA, B. S. 1-Methyl cyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. **Horticultural Science**, v. 34, p. 119–120. 1999.

LAGAERT, S.; BELEN, T.; VOLCKAERT, G. Plant cell walls: Protecting the barrier from degradation by microbial enzymes. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, v. 20, p. 1064-1073, 2009.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: (de Consumo in Natura)**. Nova Odessa:SP. Instituto Plantarum, 2006, p. 640.

LUO, Z. et al. Delay ripening of ‘Qingnai’ plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene. **Plant Science**, v. 177, p. 705-709, 2009.

MANICA, I. IN: MANICA, I. **Fruticultura tropical 6: goiaba**. Porto Alegre, RS: Cinco Continentes, p. 271-321, 2000.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 5, p. 370-374, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1995. 889 p.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, 2008.

MENEGHEL, R. F. de. A.; BENASSI, M. de. T.; YAMASHITA, F. Revestimento comestível de alginato de sódio para frutos de amora-preta (*Rubus ulmifolius*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 609-618, 2008.

MONTOYA, Ó. A. et al. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schltl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1497-1501, 2010.

MOTA, R. V. Caracterização do suco de amora-preta elaborado em extrator caseiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 303-308, 2006.

MOTA, W.F. da. et al. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jaboticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.049-052, 2002.

MOURE, A. et al. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

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

PATRAS, A. et al. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 3, p. 308-313, 2009.

PÉREZ, A. G. et al. Rapid Determination of Sugars, Nonvolatile Acids, and Ascorbic Acid in Strawberry and Other Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 9, p. 3545-3549, 1997.

PONCE, N. M. A. et al. Compositional changes in Cell Wall Polysaccharides from Japanese Plum (*Prunus salicina* Lindl.) during Growth and On-Tree Ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 4, p. 2562-2570, 2010.

QUESADA, M. A. et al. Antisense Down-Regulation of the *FaPGI* Gene Reveals an Unexpected Central Role for Polygalacturonase in Strawberry Fruit Softening. **Plant Physiology**, v. 150, p. 1022-1032, 2009.

RESENDE, J. M. et al. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.206-212, 2004.

ROMERO, D. M. et al. 1-Methylcyclopropene Increases Storability and Shelf Life in Climacteric and Nonclimacteric Plums. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 16, p. 4680-4686, 2003.

ROSSETTO, M. R. M.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Influência do ácido giberélico na degradação do amido durante o amadurecimento da banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 76-81, 2004.

SEVERO, J. et al. Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas, vitamina C e capacidade antioxidante em mirtilo armazenado em atmosfera controlada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, p. 65-70, 2009.

SIRIWOHARN, T. et al. Influence of Cultivar, Maturity, and Sampling on Blackberry (*Rubus L. Hybrids*) Anthocyanins, Polyphenolics, and Antioxidant Properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 8021–8030, 2004.

SOUSA, M. B. et al. Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv Heritage) and blackberry (cv. Thornfree). **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 9-21. 2007.

STEEN, V. C. et al. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of Strawberries and raspberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 49–58, 2002.

STEFFENS, C. A. et al. Maturação da maçã ‘Gala’ com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 434-440, 2006.

SWEETMAN, C. et al. Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. **Phytochemistry**, v. 70, n. 11-12, p. 1329-1344, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.719.

TATE, P. et al. Comparative effects of eight varieties of blackberry on mutagenesis. **Nutrition Research**, v. 23, n. 7, p. 971-979, 2003.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. de. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 297- 304, 2008.

TERÃO, D. et al. Efeito de 1-metilciclopropeno (1-MCP) Combinado à Refrigeração no Controle de Podridão Pós-colheita em Frutos de Melão. **Proceedings of the InterAmerican Society for Tropical Horticulturen**, v. 47, p. 53-57, 2003.

TOURNAS, V.H.; KATSODAS, E. Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. **International Journal of Food Microbiology**, v. 105, p. 11-17, 2005.

TSANTILI, E. et al. Texture and other quality attributes in olives and leaf characteristics after preharvest calcium chloride sprays. **American Society for Horticultural Science**, v. 43, p. 1852-1856, 2008.

VENDRAMINI, A.L.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia*, L.). **Jornal Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 5, p. 664-668, 2004.

VICENTE, A. R. et al. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 38, p. 213-222, 2005.

WANG, S. Y.; BOWMAN, L.; DING, M. Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. **Food Chemistry**, v. 107, n. 3, p. 1261-1269, 2008.

WERNER, E.T. et al. Efeito do cloreto de cálcio na pós-colheita de goiaba Cortibel. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 511-518, 2009.

WILLINER, M.R.; PIROVANI, M.E.; GUEMES, D, R. Ellagic acid content in strawberries of different cultivars and ripening stages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 8, p. 842-845, 2003.

XISTO, A.L.R.P. et al. Textura de goiabas 'Pedro Sato' submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 113-118, 2004.

ZIMMER, P. D. et al. Inibição da síntese da ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) oxidase em maçãs frigoconservadas em atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v. 19, n. 3, 1999.

**ARTIGO1- Chemical characterization and mineral levels in the fruits of
blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation**

Preparado de acordo com as normas da Revista Acta Scientiarum .- versão final

**Mayara Neves Santos Guedes^{1*}, Celeste Maria Patto de Abreu¹, Luana
Aparecida Castilho Maro², Rafael Pio, José Renato de Abreu² and João
Otávio de Oliveira²**

¹*Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 3037,
372000-000, Lavras, Minas Gerais, Brazil.* ²*Departamento de Agricultura,
Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.* *Author for
correspondence. E-mail: maysantos2@yahoo.com.br

ABSTRACT. Sensorial attributes such as color, texture, acidity and nutritional composition are essential quality components for blackberry (*Rubus* spp.). The mineral content and quality of fruits of different blackberry cultivars produced in Lavras, Southern Minas Gerais, in a tropical climate at an elevation (Cwb, according to Köppen) were analyzed. The analyzed minerals were phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), zinc (Zn), manganese (Mn), copper (Cu) and iron (Fe). Additionally, chemical characteristics, the total acidity (citric acid), pH, soluble solids (°Brix) and vitamin C (ascorbic acid) level, and sensory characteristics, color (L*a*b) and firmness (N) were also evaluated. According to the results, the Choctaw and Xavante blackberry cultivars demonstrated the highest mineral contents, the Caingangue cultivar showed the highest soluble solid content, and the Ebano cultivar exhibited the highest vitamin C concentration and firmer fruits. The chemical variables in the fruits of the different blackberry cultivars presented little significant correlation with the contents of macrominerals present, whereas the opposite was obtained for the micronutrients. However, the chemical characteristics combined with the nutritional characteristics can be proposed as an excellent tool for the selection of cultivars of superior quality and high nutritional value.

Keywords: *Rubus* spp., micronutrients, macronutrients, vitamin C.

Caracterização química e teores de minerais em frutos de cultivares de amoreira-preta cultivadas em clima tropical de altitude

RESUMO. Os atributos sensoriais como cor, textura, acidez e a composição nutricional são componentes essenciais na qualidade da amora-preta (*Rubus* spp.). Qualidade e teores de minerais foram analisados em frutos de diferentes cultivares de amoreira-preta produzidas em Lavras, sul de Minas Gerais, clima tropical de altitude (Cwb, segundo Köppen). Os minerais analisados foram: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e ferro (Fe), bem como as seguintes características químicas: acidez total (ácido cítrico), pH, sólidos solúveis (Brix) e vitamina C (ácido ascórbico) e características sensoriais: cor ($L^*a^*b^*$) e firmeza (N). De acordo com os resultados obtidos, as cultivares de amoreira-preta Choctaw e Xavante se destacaram com os maiores teores de minerais, a cultivar Caingangue maior teor de sólidos solúveis e a cultivar Ébano com maior concentração de vitamina C e frutos mais firmes. Verificou-se também que as variáveis químicas em frutos das diferentes cultivares de amoreira-preta apresentaram pouca correlação significativa com os teores de macrominerais presentes e o oposto foi obtido para os micronutrientes. Contudo, as características químicas combinados com as características nutricionais podem ser propostos como excelentes ferramentas para seleção de cultivares de qualidade superior e elevado valor nutricional.

Palavras-chave: *Rubus* spp., micronutrientes, macronutrientes, vitamina C.

Introduction

Interest in the consumption of blackberries (*Rubus* spp.) has increased in recent years because the fruits possess high amounts of phenolic compounds and vitamin C, which can help prevent degenerative diseases (ALI et al., 2011; TIWARI et al., 2009). In addition to these compounds, the natural pigments, mainly

anthocyanins, provide attractive colorants for the manufacture of dairy products, jellies and fruit syrup (ACOSTA-MONTOYA et al., 2010).

Approximately 400 cultivars of blackberry have been generated through genetic improvement efforts (CLARK; FINN, 2011), and their characteristics with regard to climatic adaptation to the various cultivation areas and the physical and chemical properties of their fruits are divergent (CAMPAGNOLO; PIO, 2012). Variations can even occur in the contents of the chemical compounds in response to the cultivation locale due to the differences in the intensity of solar radiation and the temperature ranges that influence the organoleptic characteristics of the fruits (ALI et al., 2011; SIRIWOHARN et al., 2004).

The color of the fruit is initially of fundamental importance for consumer acceptance, followed by the firmness of the texture and the flavor. The quality attributes can be largely influenced by the availability of nutrients, which, together with sources of biologically active substances, vitamins and secondary metabolites, are necessary to ensure complete nutrition (CALLAHAN, 2003; CARL, 1999).

Among the cultivars, it is evident that various genetic factors exist that limit the quality and acceptance of the consumers, mainly in relation to the chemical composition of the fruits (SCALZO et al., 2005). However, the blackberry fruits cultivated in Brazil still need to be investigated in terms of characteristics that serve as fruit quality parameters, mainly for the regions that possess mild winters and summers with high temperatures.

Accordingly, the objective of the present work was to conduct a chemical and mineral content characterization of the fruits of blackberry cultivars cultivated under a tropical climate at an elevation.

Material and methods

The blackberry cultivars were sampled in the orchard of the Federal University of Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais State. The municipal district is located at latitude 21°14'06'' south and longitude 45°00'00'' west, at an average elevation of 918 m. The climate of the area is the Cwb type, tropical altitude, according to the Köppen classification, and is characterized by dry winters and rainy summers and mild temperatures.

The fruits of ten blackberry cultivars (Arapaho, Brazos, Caingangue, Cherokee, Choctaw, Comanche, Ebano, Guarani, Tupy and Xavante) were randomly collected manually from various positions and orientations on the plants at the commercial maturation stage. The fruits were transported to the Biochemistry laboratory, Department of Chemistry at UFLA, where they were selected for the arrangement of the experimental units.

The experimental design was completely randomized, with four repetitions. The analyzed variables included the total titratable acidity (TTA), determined through a volumetric and potentiometric titration with a solution of NaOH 0.1N to the ideal pH range (8.2-8.4) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985); the results were expressed as the % of the citric acid per 100 g⁻¹ of fresh fruit. The pH of the fruits was analyzed using a pH meter (MB-10 São Paulo) Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). The vitamin C concentration (ascorbic acid mg per 100 g of fresh fruit) was determined according to Strohecker and Henning (1967). The coloration indexes of the fruits, brightness (L) varying from white (L = 100) to black (L = 0) and a*, characterizing coloration in the red (+a*) to the green (- a*) region and b* indicating coloration from the yellow (+b*) to the blue (- b*) range, were

determined using a colorimeter (Chroma Meter model CR – 3000). For the firmness, the fruits were measured individually under the same conditions by determining the strength of resistance to compression under the condition of returning to the beginning using a texturometer (model TA-XT2 Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) and the following operational parameters: probe, P 2N⁻¹; perforation speed, 2 mm s⁻¹ and pre-test speed, 1.5 mm s⁻¹. The perforation distance was standardized at 5 mm, and the results obtained were expressed in Newton (N).

The macromineral (P, K, Ca and Mg) and micromineral (Cu, Mn, Zn and Fe) contents were determined according to Malavolta et al. (1997). The extracts were obtained by nitroperchloric digestion. The phosphorus and the sulfur levels were determined using colorimetry, according to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). The iron, zinc, manganese, copper, magnesium and calcium levels were determined using atomic absorption spectrophotometry and potassium using flame photometry. The results were expressed in milligrams per 100 g of fresh fruit, (mg 100 g⁻¹).

The data were analyzed using the Sisvar program (FERREIRA, 2011). The Pearson correlation coefficients were evaluated and calculated to 1% and 5% probabilities using the Student t test to correlate the quality attributes and the mineral elements measured in the blackberry fruits.

Results and discussion

The results of the mineral composition of the blackberry cultivar fruits are provided in Table 1. Potassium (K) was the most abundant mineral in the fruits of the cultivars, with an overall average of 129.80 mg 100 g⁻¹. The

potassium content found for the Choctaw cultivar was 185.5 mg 100 g⁻¹, which was superior to that observed for the other cultivars.

The Choctaw, Tupy and Xavante cultivars presented the highest phosphorus (P) contents, and the lowest content was observed in the Ebano cultivar (Table 1). The highest calcium (Ca) content was found in the Cherokee and Xavante cultivars, with 23.3 and 22.1 mg 100 g⁻¹, respectively. Differences were also observed among the cultivars in relation to the magnesium (Mg) content, with a variation from 10.07 mg 100 g⁻¹ (Ebano) to 21.40 mg 100 g⁻¹ (Choctaw) and the average content being 15.95 mg 100 g⁻¹ (Table 1).

The copper (Cu), manganese (Mn), zinc (Zn) and iron (Fe) micronutrient contents also varied among the blackberry cultivars, with averages of 0.10, 0.87, 0.23 and 2.55 mg 100 g⁻¹, respectively (Table 1).

The mineral contents in fruits are very dependent on the soil, fertilization, climatic conditions and cultivar (NOUR et al., 2011). As the management and manure application were the same for all of the cultivars, following the recommendations of Gonçalves et al. (2011), it is believed that such differences in the mineral contents are related to the characteristics that are intrinsic to each cultivar. These results are, therefore, important in the choice of a cultivar with superior properties for consumption, and even for facilitating genetic improvements to obtain superior cultivars.

Significant variations were observed for the content of soluble solids, the pH and the acidity among the blackberry cultivars (Table 2). The Cherokee cultivar presented the highest content of soluble solids, followed by the Comanche, Tupy and Xavante cultivars, whereas the Ebano cultivar presented the lowest content (Table 2). Fruits with higher soluble solid values are the sweetest and more favored by the consumer market.

As the cultivars Brazos and Ebano had the lowest pH values, being more acidic, they are the most suitable for industry applications. Conversely, the fruits

of the Choctaw cultivar had higher pH values, characterizing a less acid fruit, which is preferred for fresh fruit consumption (Table 2).

The quantitative characterization related to the color and texture is also indispensable for the producer in the choice of the use of the fruits. The highest firmness values, in other words, firmer fruits, were presented by the Ebano cultivar, followed by Cherokee. The lowest value, softer fruits, was observed for Tupy, followed by the Guarani cultivar (Table 2).

Because they are delicate, blackberry and raspberry (*Rubus idaeus*) fruits have low durability during postharvest storage (KRÜGER et al., 2011). As such, the evaluation of firmness is an important characteristic to be considered for the shelf-life of the fruits consumed fresh.

Table 1. Mean values of macronutrients phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur and micronutrients manganese, iron and zinc in the fresh matter of ten blackberry cultivars.

| Cultivar | Mineral (mg 100 g ⁻¹) | | | | | | | |
|------------|-----------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | P | K | Ca | Mg | Cu | Mn | Zn | Fe |
| Arapaho | 17.1 b | 143.3 b | 20.2 b | 17.4 b | 0.09 d | 0.71 e | 0.18 e | 1.38 e |
| Brazos | 17.8 b | 123.9 c | 14.3 d | 16.3 c | 0.11 c | 1.01 d | 0.25 b | 3.66 b |
| Caingangue | 15.4 c | 109.9 c | 18.4 b | 14.3 d | 0.09 d | 0.65 f | 0.23 c | 1.35 e |
| Cherokee | 17.1 b | 134.1 c | 22.1 a | 14.8 d | 0.11 c | 1.17 b | 0.27 b | 4.70 a |
| Choctaw | 19.9 a | 185.5 a | 15.7 c | 21.4 a | 0.13 b | 0.42 i | 0.31 a | 3.16 c |
| Comanche | 15.7 c | 117.0 c | 16.2 c | 15.7 c | 0.11 c | 0.59 g | 0.24 c | 3.62 b |
| Ebano | 10.9 d | 95.0 c | 13.4 d | 10.7 e | 0.05 e | 0.46 h | 0.16 f | 1.02 e |
| Guarani | 15.6 a | 116.8 c | 16.8 c | 15.8 c | 0.10 d | 1.17 b | 0.26 b | 1.71 e |
| Tupy | 19.9 a | 125.0 c | 11.6 e | 15.0 d | 0.17 a | 1.10 c | 0.26 b | 1.32 e |
| Xavante | 19.6 a | 147.1 b | 23.3 a | 17.7 b | 0.09 d | 1.47 a | 0.20 d | 2.47 d |
| Mean | 16.94 | 129.80 | 16.26 | 15.95 | 0.10 | 0.87 | 0.23 | 2.44 |
| CV% | 4.78 | 11.72 | 6.96 | 4.92 | 7.13 | 3.29 | 4.70 | 11.16 |

Means followed by the same letter in a column belong to the same group according to Scott-Knott at a 5% probability ($p \leq 0.01$).

Table 2. Average color index values (L, a* and b*), firmness (N), total titratable acidity (TTA - % citric acid), total soluble solids (TSS, expressed in °Brix), pH and vitamin C (AA - mg ascorbic acid 100 g⁻¹) in the fruits of ten blackberry cultivars.

| Cultivar | Characteristic | | | | | | | |
|------------|----------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | L | a* | b* | N | TTA | TSS | pH | AA |
| Arapaho | 18.86 a | 8.08 d | -1.97 a | 0.48 d | 2.26 a | 6.12 d | 2.91 c | 47.39 d |
| Brazos | 17.22 b | 10.26 b | -2.66 b | 0.42 f | 1.74 e | 7.00 c | 2.88 d | 42.69 e |
| Caingangue | 17.25 b | 7.57 d | -3.69 c | 0.63 c | 0.68 h | 7.25 c | 2.95 c | 50.36 c |
| Cherokee | 18.44 a | 9.23 c | -2.52 b | 0.70 b | 2.16 a | 7.95 a | 2.91 c | 43.84 e |
| Choctaw | 19.06 a | 11.25 a | -1.32 a | 0.41 f | 1.91 c | 7.00 c | 3.13 a | 46.10 d |
| Comanche | 17.94 b | 9.79 b | -2.13 a | 0.44 e | 1.96 c | 7.52 b | 3.01 b | 46.24 d |
| Ebano | 16.96 b | 12.17 a | -1.90 a | 0.76 a | 1.16 g | 4.87 e | 2.83 d | 55.78 a |
| Guarani | 17.80 b | 9.39 c | -2.65 b | 0.33 g | 1.74 e | 7.00 c | 2.95 c | 44.58 e |
| Tupy | 16.70 b | 7.75 d | -3.24 c | 0.27 h | 1.66 f | 7.52 b | 2.96 c | 35.78 f |
| Xavante | 17.01 b | 7.93 d | -3.23 c | 0.44 e | 1.80 d | 7.52 b | 2.93 c | 52.37 b |
| Mean | 17.72 | 9.34 | -2.53 | 0.44 | 1.71 | 6.97 | 2.95 | 46.51 |
| CV% | 5.07 | 10.65 | 18.70 | 2.78 | 2.07 | 3.81 | 1.36 | 2.87 |

Means followed by the same letter in a column belong to the same group according to Scott-Knott at a 1% probability ($p \leq 0.01$).

Regarding the color, cultivars Arapaho, Cherokee and Choctaw presented the highest L values and were lighter fruits in relation to the fruits of the other cultivars that presented lower L values (Table 2). The Ebano and Choctaw cultivars were characterized by higher a* values; visually, their fruits presented a more intense red coloration in relation to the other cultivars, thus the fruits displayed a more intense coloration. It is believed that the wide temperature range in a region of a tropical climate at an elevation highly influences the coloration of the fruits.

The vitamin C content varied from 42.69 mg 100 g⁻¹ (Brazos) to 55.78 mg 100 g⁻¹ (Ebano) (Table 2). Fruits with higher vitamin C contents are favored by the consumer, in spite of the fact that the quality attribute is not identified at the time of purchase.

Table 3 contains the Pearson correlation coefficients between the mineral nutrients and the quality indexes of the fruits of the different blackberry cultivars. The blackberry fruit quality variables presented little correlation with the macromineral contents. The best positive correlations were obtained between the minerals (P, Cu, Mn, Zn and Fe) with the soluble solid content and between the minerals (P, K, Mg, Cu and Zn) with the pH indexes. Regarding the negative correlations, higher values were observed between the color index b* with the mineral manganese, the firmness with the minerals magnesium and copper and between the ascorbic acid content with the minerals copper and zinc.

There was a positive and significant correlation between the phosphorus content and the soluble solid characteristics, pH and titratable acidity (citric acid). The mineral phosphorus participates in some of the vital metabolic processes by supplying energy, increasing acid neutralization and sugar synthesis, resulting in less acidic fruits (KADER, 2008).

The potassium content correlated positively with the pH content and TTA and negatively with the firmness of the fruits. At adequate levels,

potassium is frequently associated with the metabolism and concentration of carbohydrates, photosynthesis, enzyme activation, the soluble solid content, acidity and fruit firmness (MALAVOLTA et al., 1997; SUDHEER; INDIRA, 2007).

The contents of soluble solids, acidity, pH, minerals and color obtained in this work corroborates with the results obtained by Tosun et al. (2008) and the USDA (2005). However, the vitamin C content obtained in this work are low in relation to the values observed by Antunes et al. (2006) and superior to those found by Kwiatkowski et al. (2010) for the areas of Southern Minas and Southern Brazil, respectively. The variation in the nutritional quality of the fruits can be due to various biotic and abiotic factors but are possibly related to the light intensity and temperature range in the case of the present study (ALI et al., 2011; SIRIWOHARN et al., 2004; TAKEDA et al., 2002).

According to Hawkesford et al. (2002), calcium is the main element in the composition of the cell wall of the fruits, with the function of maintaining the integrity and permeability of the cell wall. However, a significant relationship between Ca and the firmness of the blackberry fruits was not observed, perhaps because the rupture of the cell wall and the liberation of Ca occur as a function of the ripening of the fruit.

A moderate negative correlation was observed between the calcium content in the blackberry fruits and the color index a^* , which can be observed for the Ebano cultivar that presented redder fruits with lower calcium contents. The coloration is one of the most important attributes in the blackberry fruit choice by the consumer.

The minerals calcium, phosphorus and potassium combine with organic acids to influence the buffering capacity and, consequently, the perception of fruit acidity (KADER, 2008).

Magnesium is a major component of the chlorophyll molecule, and it participates in the photosynthesis process and aids in phosphorus absorption and translocation (HAWKESFORD et al. 2002). A positive correlation was obtained between the magnesium content present in the blackberry fruits and the L index, soluble solids and acidity. Due to its antagonistic action with phosphorus, a correlation exists in the firmness of the fruits.

Table 3. Pearson correlation coefficients between the quality attributes (L, a*, b*, firmness, vitamin C, total soluble solids - TSS, pH and total titratable acidity - TTA) and mineral contents of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), manganese (Mn), zinc (Zn) and iron (Fe) in the fruits of blackberry cultivars.

| | P | K | Ca | Mg | Cu | Mn | Zn | Fe |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| L | 0.11 ^{ns} | 0.25 ^{ns} | 0.21 ^{ns} | 0.35 [*] | -0.01 ^{ns} | -0.26 ^{ns} | 0.17 ^{ns} | 0.19 ^{ns} |
| a* | -0.33 [*] | 0.03 ^{ns} | -0.36 [*] | -0.05 ^{ns} | -0.26 ^{ns} | -0.44 ^{**} | 0.08 ^{ns} | 0.20 ^{ns} |
| b* | -0.11 ^{ns} | 0.27 ^{ns} | -0.12 ^{ns} | 0.24 ^{ns} | -0.18 ^{ns} | -0.51 ^{**} | 0.02 ^{ns} | 0.18 ^{ns} |
| Firmness | -0.63 ^{**} | -0.31 [*] | 0.27 ^{ns} | -0.53 ^{**} | -0.67 ^{**} | -0.31 [*] | -0.42 ^{**} | 0.06 ^{ns} |
| Vit. C | -0.52 ^{**} | -0.15 ^{ns} | 0.34 [*] | -0.23 ^{ns} | -0.83 ^{**} | -0.30 [*] | -0.62 ^{**} | -0.23 ^{ns} |
| TSS | 0.60 ^{**} | 0.24 ^{ns} | 0.30 [*] | 0.37 [*] | 0.62 ^{**} | 0.51 ^{**} | 0.61 ^{**} | 0.55 ^{**} |
| pH | 0.47 ^{**} | 0.56 ^{**} | -0.04 ^{ns} | 0.67 ^{**} | 0.49 ^{**} | -0.26 ^{ns} | 0.61 ^{**} | 0.23 ^{ns} |
| ATT | 0.46 ^{**} | 0.48 ^{**} | 0.28 ^{ns} | 0.50 ^{**} | 0.29 ^{ns} | 0.26 ^{ns} | 0.25 ^{ns} | 0.52 ^{**} |

ns, not- significant; * and **, significant at 5 and 1% probability, respectively, according to the Student's t test.

Copper is necessary for the synthesis of chlorophyll and functions as an activator of photosynthetic enzymes and respiration (MALAVOLTA et al., 2002). This element acts indirectly in the formation of organic acids through respiration and sugars through photosynthesis: the higher the respiration rate is, the higher is the cell wall degradation. Thus, copper was positively correlated with the attributes responsible for the flavor of the fruit and negatively with the texture.

Manganese has an important function in oxidation and reduction reactions and, being involved in carbon assimilation, is related primarily to photosystem I (MALAVOLTA et al., 2002). A negative correlation was observed among the Mn content with the colorimeter indexes a^* and b^* for the blackberry fruits. As the fruits in the green mature stage that present high chlorophyll contents reach the complete maturation stage, manganese is liberated as the chlorophyll is degraded, allowing the expression of anthocyanins.

The content of zinc correlates positively with the soluble solids and pH indexes and negatively with the vitamin C content and texture. According to Malavolta et al. (2002), the element zinc affects the synthesis and degradation of carbohydrates and participates in biochemical reactions that involve sugars. As with the other micronutrients, the mineral iron is involved in chlorophyll-forming precursors and in the activation of enzymes involved in carbohydrate metabolism (MALAVOLTA et al., 2002). The effect of the micronutrient iron was pronounced, exhibiting significant correlation coefficients with the soluble solids and acidity index of the blackberry fruits cultivated in the Lavras, Minas Gerais State, region.

Conclusion

Differences were observed with regard to the quality of the fruits and the mineral content among blackberry cultivars produced in Southern Minas Gerais. 'Choctaw' and 'Xavante' presented the highest mineral contents. The fruits of the 'Caingangue' cultivar demonstrated the highest soluble solid content, and the Ebano cultivar demonstrated the highest vitamin C concentration and firmer, more intensely colored fruits, which were also observed in the fruits of the Choctaw cultivar. The quality of the fruits of the different blackberry cultivars presented little significant correlations with the macromineral content, whereas the opposite was obtained for the micronutrients.

Acknowledgements

The authors thank the funding agencies FAPEMIG, CNPq and Capes for the financial support to conduct this research.

References

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**, v. 119, n. 4, p. 1497-1501, 2010.

ALI, L.; SVENSSON, B.; ALSANIUS, B. W.; OLSSON, M. E. Late season harvest and storage of Rubus berries-Major antioxidant and sugar levels. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 3, p. 376-381, 2011.

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C. M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2006.

AOAC-Association of Official Analytical Chemists. **Official Method of Analysis**. 18th ed. Washington, D.C.: AOAC, 2005.

CALLAHAN, A. M. Breeding for fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 622, p. 295-302, 2003.

CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Produção da amoreira-preta 'Tupy' sob diferentes épocas de poda. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 225-231, 2012.

CARL, E. S. Preharvest factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 249-254, 1999.

CLARK, J. R.; FINN, C. E. Blackberry breeding and genetics. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 27-43, 2011.

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

GONÇALVES, E. D.; ZAMBON, C. R.; SILVA, D. F.; SILVA, L. F. O.; PIO, R.; ALVARENGA, A. A. **Implantação, manejo e pós-colheita da amoreira-preta**. Belo Horizonte: Epamig, 2011.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P., Chapter 6 - Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. Academic Press: San Diego, 2002. p. 135-189.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. v. 1.

KADER, A. A. Perspective Flavor quality of fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 11, p. 1863-1868, 2008.

KRÜGER, E.; DIETRICH, H.; SCHÖPPLEIN, E.; RASIM, S.; KÜRBEL, P. Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 1, p. 31-37, 2011.

KWIATKOWSKI, A.; FRANÇA, G.; OLIVEIRA, D. M.; ROSA, C. I. L. F.; CLEMENTE, E. C. Avaliações químicas da polpa e resíduo da polpa de amora-preta orgânica, cv. Tupy. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 1, n. 1, p. 43-45, 2010.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997.

NOUR, V.; TRANDAFIR, I.; IONICA, M. E. Ascorbic acid, anthocyanins, organic acids and mineral content of some black and red currant cultivars. **Fruits**, v. 66, n. 5, p. 353-362, 2011.

SCALZO, J.; BATTINO, M.; COSTANTINI, E.; MEZZETTI, B. Breeding and biotechnology for improving berry nutritional quality. **Biofactors**, v. 23, n. 4, p. 213-220, 2005.

SIRIWOHARN, T.; WROLSTAD, R. E.; FINN, C. E.; PEREIRA, C. B. Influence of Cultivar, Maturity, and Sampling on Blackberry (*Rubus* L. Hybrids) Anthocyanins, Polyphenolics, and Antioxidant Properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 26, p. 8021-8030, 2004.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

SUDHEER, K. P.; INDIRA, V. Post harvest technology of horticultural crops. **Horticulture Science Series**, v. 7, n. 1, p. 17-31, 2007.

TAKEDA, F.; STRIK, B. C.; PEACOCK, D.; CLARK, J. R. Cultivar differences and the effect of winter temperature on flower bud development in Blackberry. **Journal of the American Society by Horticultural**, v. 127, n. 4, p. 495-501, 2002.

TIWARI, B. K.; O'DONNELL, C. P.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; CULLEN, P. J. Anthocyanin and colour degradation in ozone treated blackberry juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 1, p. 70-75, 2009.

TOSUN, I.; U. N. SULE, U. N.; BELKIS, T. Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 1, p. 87-90, 2008.

USDA-United States Department of Agriculture. **Tabela de composição química de alimentos**. 2005. Disponível em: <<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=2026>>. Acesso em: 3fev. 201

**ARTIGO 2- COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE
E DISSIMILARIDADE GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE
AMOREIRAS CULTIVADAS EM REGIÃO DE INVERNO AMENO**

Preparado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Fruticultura –
Versão preliminar

MAYARA NEVES SANTOS GUEDES^{1*}, CELESTE MARIA PATTO DE
ABREU², LUANA APARECIDA CASTILHO MARO³, JOÃO OTÁVIO DE
OLIVEIRA⁴, RAFAEL PIO⁵

RESUMO- A caracterização de frutos de amoreira como alimentos funcionais, capazes de prevenir e controlar determinadas doenças tem aumentado a procura por esses frutos, despertando a atenção dos produtores e do mercado consumidor mundial motivando a expansão da cultura. Neste estudo, foi avaliada a composição química, compostos bioativos e a dissimilaridade genética entre cultivares de amoreira cultivadas em região de inverno ameno. As seguintes

¹ Eng. Agr., M.Sc., Discente do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Dep. de Química, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG. maysantos2@yahoo.com.br

² Eng. Agr., D.Sc., Universidade Federal de Lavras - UFLA, Dep. de Química, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG. Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq. celeste@ufla.br

³ Eng. Agr., D.Sc., Universidade Tecnológica Federal do Paraná –UTPR, Departamento de Ciências Agrárias, km1 Cep.85503-309, Pato Branco – PR . luanamaro@utfpr.edu.br

⁴ Aluno do curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras -UFLA, C. P. 3037, 37200-000, Lavras-MG. E-mail: j.oliveira30@hotmail.com

⁵ Eng. Agr., D.Sc., Universidade Federal de Lavras - UFLA, Dep. de Agricultura, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG. Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq. rafaelpio@dag.ufla.br

* Autor para correspondência.

amoreiras foram analisadas: frutos de 10 cultivares de amoreira-preta (*Rubus ulmifolius*) ('Arapaho', 'Brazos', 'Caingangue', 'Cherokee', 'Choctaw', 'Comanche', 'Ébano', 'Tupy' e 'Xavante') e uma espécie de amoreira vermelha silvestre (*Rubus rosifolius*). Todos os frutos analisados neste estudo tem grande potencial antioxidante apresentam grande potencial para exploração tanto consumo *in natura* quanto uso agroindustrial, podendo também contribuir em proporções consideráveis com a ingestão dietética recomendada, sendo fonte variada e alternativa de nutrientes. A cultivar 'Ébano' e espécie de amora silvestre por apresentar características distintas, que visem à obtenção de frutos de características similares aos progenitores, principalmente aos compostos bioativos.

Termos para indexação: Antioxidantes, compostos fenólicos, *Rubus* spp

CHEMICAL COMPOSITION, BIOACTIVE COMPOUNDS AND GENETIC DISSIMILARITY BETWEEN BLACKBERRY CULTIVARS GROWN IN THE REGION WINTER AMENO

ABSTRACT- The characterization of blackberry tree fruits as functional foods capable of preventing and controlling certain diseases has increased the demand for these fruits, which attracts the attention of producers and the global consumer market motivate the expansion of cultivation. In this study, we evaluated the chemical composition, the bioactive compounds and genetic dissimilarity between dwells cultivars grown in the winter soft region. Blackberry trees were analyzed following 10 cultivars fruits blackberry (*Rubus ulmifolius*) ('Arapaho', 'Brazos', 'Caingangue', 'Cherokee', 'Choctaw', 'Comanche', 'Ebano', 'Tupy' and 'Xavante') and a kind of wild blackberry (*Rubus rosifolius*). All fruits analyzed in this study has potential antioxidant present great potential for the exploration of fresh consumption and use agribusiness, and may also contribute in largely recommended daily intake, being varied and alternative source of nutrients. the cultivar 'Ebano' and type of wild blackberry presenting

different features aimed at improving fruit characteristics similar to the parents, especially the bioactive compounds.

Index terms: Antioxidants, phenolic compounds, *Rubus* spp

INTRODUÇÃO

Espécies do gênero *Rubus* têm apresentado boas perspectivas de cultivo em regiões de inverno ameno (MARO et al., 2012; MOURA et al., 2012). Produzem bagas que se destacam quanto às propriedades bioativas com elevados teores de compostos fenólicos que as conferem considerável capacidade antioxidante (PANTELIDIS et al., 2007). A importância desses frutos tem sido reforçada por sua crescente inclusão à dieta da população e por hábitos alimentares saudáveis (ANTUNES, 2002).

Em virtude das condições edafoclimáticas favoráveis, cultivares de amoreiras-pretas lançadas no sul do Brasil vêm sendo cultivadas com êxito em regiões como o sul mineiro (GONÇALVES et al., 2011). Cultivares de origem americana tais como ‘Brazos’, ‘Comanche’ e ‘Cherokee’ também representam alternativas de cultivo visto à adaptação às condições brasileiras (ANTUNES, 2002). Outra aposta, a amoreira vermelha silvestre (*Rubus rosifolius*), também conhecida como amoreira silvestre, é uma espécie nativa da serra da Mantiqueira que produz frutos de aspecto visual bastante atrativo e sabor peculiar (LORENZI et al., 2006).

Para a promoção do consumo, estudos sobre a qualidade do fruto dessas cultivares constituem ferramentas importantes. Embora o foco principal de programas de melhoramento genético da amoreira-preta seja a qualidade do fruto (FINN & CLARK, 2012) pouco se sabe sobre suas características químicas quando produzidas em regiões subtropicais.

Este estudo objetivou avaliar a composição química, compostos bioativos e a dissimilaridade genética entre cultivares de amoreira-preta cultivadas em região de inverno ameno.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Química (DQI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA)- Lavras/MG. Foram avaliados frutos de 10 cultivares de amoreira-preta (*Rubus ulmifolius*) ('Arapaho', 'Brazos', 'Caingangue', 'Cherokee', 'Choctaw', 'Comanche', 'Ébano', 'Tupy' e 'Xavante') e uma espécie de amoreira silvestre (*Rubus rosifolius*), quanto a composição química. As amoreiras foram levadas a campo no segundo semestre de 2009 no pomar de fruticultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA-MG, (21°14'06" S, 45°00'00" O) a uma altitude média de 918 metros O clima da região e do tipo Cwb, temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com temperatura do mês mais quente maior que 22°C (22,1°C em fevereiro), segundo classificação de Koppen, (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Foram utilizados 1,0 kg de frutos coletados manualmente, no estágio de maturação comercial (drupetes totalmente negros para as amoras-pretas e superfície vermelha para a amora vermelha). Após seleção de acordo com a ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas, a amostra foi dividida em quatro partes de 0,25 Kg, as quais constituíram as repetições. Os frutos foram avaliados quanto à umidade e cinzas (AOAC, 2005); açúcares totais e redutores pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944); pectina total, pectina solúvel e solubilização da pectina segundo a extração proposta por McCready & McComb (1952) e determinação colorimétrica segundo Bitter & Muir (1962); fenóis totais extraídos conforme técnica de Marinova et al. (2005) e determinados pelo método de Folin-Ciocalteu segundo Singleton & Rossi (1965); flavonoides extraídos similarmente aos fenóis totais, porém determinados conforme a metodologia de Zhuang et al. (1992); antocianinas pelo método pH diferencial segundo Giusti & Wrolstad (2001); β -caroteno e

licopeno (NAGATA & YAMASHITA, 1992); vitamina A (FAO/WHO, 2002) e atividade antioxidante pelo método DPPH (RUFINO et al., 2007).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo avaliados os frutos de 10 cultivares de amoreira-preta e uma espécie de amoreira vermelha silvestre, com quatro repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

Com o objetivo de explicar a variação genética entre as cultivares de amoreira preta e a espécie de amoreira vermelha foram realizadas análises multivariadas (MANOVA). Como medida de dissimilaridade usou-se a Distância Generalizada de Mahalanobis. Calculou-se a importância relativa das características pelo método de Singh (1981) (variáveis canônicas). No processo de agrupamento utilizaram-se os métodos UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average*) e Método de Otimização de Tocher aplicada à distância Euclideana Média. Os dados foram analisados pelo programa GENES (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora estatisticamente semelhantes, amoras pretas das diferentes cultivares estudadas apresentaram elevada umidade (Tabela 1). A mais baixa percentagem de umidade foi constatado para a amora vermelha silvestre, sendo um bom indicativo da menor perecibilidade dos frutos desta espécie. Isso porque a suscetibilidade ao ataque de microrganismos aumenta com o acréscimo do teor de umidade.

Por outro lado, amoras vermelhas silvestres diferenciaram significativamente das demais cultivares com a maior porcentagem de cinzas (Tabela 1). O valor encontrado situa-se acima da média relatada pelo United

States Department of Agriculture que é de 0,4% para amoras pretas (USDA, 2011).

A formação de diferentes grupos de médias foi verificada para os teores de açúcares (Tabela 1). Em amora vermelha silvestre foi constatado o maior valor para açúcares totais, redutores e não redutores. Enquanto o oposto foi verificado para frutos da cultivar ‘Tupy’. Conforme retrata Kafkas et al. (2006), o acúmulo de açúcar nos frutos exerce grande importância na sua fisiologia pós-colheita, em especial a frutose que é o açúcar responsável pela doçura dos frutos.

Os teores de açúcares obtidos para as amoras produzidas no sul de Minas são inferiores aos encontrados por Tosun et al. (2008) e Kafkas et al. (2006), os quais observaram concentrações médias de 9,69% e 5,00% de açúcar total, respectivamente.

Frutos de amorassilvestres apresentaram maior teor de pectina total (1282,61 mg.100g⁻¹MF), enquanto o mais baixo teor foi observado para a cultivar Ébano (605,36 mg.100g⁻¹MF) (Tabela 2).

Antunes et al. (2006) na região de Caldas/MG, observou maiores teores de pectina total para a cv. Comanche (600,0 mg.100g⁻¹MF) e menores para cv. Ébano (340,00 mg.100g⁻¹ MF), uma diferença de aproximadamente 43,3%. Enquanto que para essas mesmas cultivares na região de Lavras foi observado uma diferença de 18,4%.

Dentre os frutos de amoras avaliados, a espécie de amora silvestre apresentou maior teor de pectina solúvel com média de 576,18 mg.100g⁻¹ (Tabela 2) em relação aos frutos das cultivares de amora-preta analisadas. Mas a maior proporção de pectina solúvel em relação à pectina total foi observada para frutos da ‘Xavante’, seguida da ‘Ébano’, representando, respectivamente 62,21 e 60,69% do teor da pectina total. Frutos com elevado percentual de pectina solúvel são geralmente de textura fraca e pouco resistentes ao transporte e armazenamento (ANTUNES et al., 2006).

A quantificação das pectinas nos frutos deste estudo mostrou que os mesmos não constituem boa fonte desta substância. Comparando os frutos de amora com uma das principais fontes de pectina, como o bagaço de citros, contendo 20 -30 % do peso seco, de acordo com Jerome et al.(1994), os teores de pectina encontrados nos frutos de amoras apresentam em torno de 0,88%, bem inferior as principais fontes comerciais. Tal fato influencia o processamento desses frutos que requerem maiores quantidades de açúcares e descaracteriza o sabor acidificado como verificado por Mota (2006) com géleias elaboradas com frutos de sete cultivares de amoreira-preta.

O teor de fenois totais foi maior para os frutos de amora silvestre (1093,22 mg.100g¹) e a cultivar ‘Guarani’ apresentou o menor teor (147,86 mg.100g¹), diferindo estatisticamente das demais cultivares de amora-preta avaliadas (Tabela 3).

Tosun et al. (2008) encontrou teores médios de fenois totais de 938,80 ± 125,90 para frutos de amoreiras-pretas produzidas na Turquia. Jacques et al. (2009) encontraram valores de 645,50 e 731,40 mg GAE.100 g⁻¹, respectivamente para as cultivares Tupy e Xavante.

Vários são os trabalhos que justificam a variação dos teores de compostos fenólicos em função do material genético. Yilmaz et al. (2008) observaram variação no teor de fenois totais entre diferentes cultivares de amora-preta produzidas na Turquia. Foi relatado também por Milivojević et al. (2011) que espécie de amorasilvestre apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos do que amoras cultivadas.

Quanto ao teor de flavonóides destaque para as amoras silvestres, seguida da cultivar Xavante e Choctaw, com médias de 136,07 mg.100g⁻¹, 128,53 mg.100g⁻¹ e 102,70 mg.100g⁻¹, respectivamente (Tabela 3). A cultivar Tupy a mais cultivada e produtiva no Brasil, apresentou menor teor (60,57 mg.100g⁻¹ MF).

Entre as diversas fontes específicas de flavonóides, no grupo dos frutos, podemos dar destaque aos frutos de uva, considerada como de grande importância na prevenção de doenças (BEHLING et al., 2004). Conforme Rockenbach et al. (2011), frutos de uva fornecem em média 150 mg de catequina. 100^{-1} g, enquanto o teor médio de flavonóides para as amoras neste trabalho é de 92,94 mg de catequina. 100^{-1} g, podendo ser considerada uma rica fonte neste composto bioativo.

A variação dos teores de flavonóides nos frutos de amoras analisados neste trabalho é influenciada pelo genótipo, na qual através do melhoramento genético é possível desenvolver materiais com concentrações elevadas de flavonóides e logo maiores propriedades nutraceuticas.

Foi verificada diferença estatística entre os teores de antocianinas entre frutos das cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre (Tabela 3). A quantidade de antocianinas monoméricas nos frutos variaram de 92,96 a 656,05 mg. $100g^{-1}$. A cultivar Ébano, reconhecida na literatura por sua coloração intensa, apresentou o maior teor de antocianinas, o contrário foi observado para os frutos de amora silvestre.

Os resultados encontrados para os frutos de amora analisados neste trabalho são superiores aos verificados em diversas pesquisas. Ferreira et al. (2010) observaram um teor de 104,1 mg. $100g^{-1}$, para amora-preta cultivar Tupy. Chiang & Wrolstad (2005) encontrou uma média de 137,00 mg. $100g^{-1}$ F, para frutos de diferentes genótipos de amoreira-preta originadas de diferentes locais.

Estudos indicam que a ampla variação no teor de antocianinas no gênero *Rubus* é devida às diferenças genéticas existentes entre os indivíduos da população (JENNINGS & CARMICHAEL, 1980).

Em relação às principais fontes de antocianinas, como o repolho roxo (175,00 mg. $100g^{-1}$ MF) (LOPES et al., 2006) e bagaço de uva (300,00 mg. $100g^{-1}$

¹MF) (VALDUGA et al., 2008), os frutos de cultivares de amora-preta tem mostrado ser uma excelente fonte desse pigmento.

Pode-se observar que houve variação significativa nos teores de β -caroteno e licopeno entre os frutos das diferentes cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre (Tabela 3). Os frutos da espécie de amoreira silvestre apresentaram o maior teor de β -caroteno, ao passo que os menores teores foram obtidos pelas cultivares ‘Guarani’ e ‘Brazos’.

Resultados próximos aos encontrados nesse trabalho foram observados por Marinova e Ribarova (2007) e USDA (2011) que encontraram respectivamente, 101,4 e 74,00 μg de β -caroteno. 100^{-1} g de fruta fresca.

Quanto ao licopeno, a afirmação de Moritz & Tramonte (2006) que a concentração de licopeno está ligada diretamente a coloração vermelha dos frutos explica a ausência desse pigmento em amoras silvestres que apresentam coloração bem menos intensa que as amoras pretas.

Embora frutos de amoreira silvestre tenham apresentado os maiores valores de β -caroteno, amoras em geral não são boas fontes deste pigmento que tem por função ser protagonista da síntese de Vitamina A. A dieta normal fornece 50% dessa vitamina e o restante provém do consumo de carotenos, sendo a dose diária recomenda para vitamina A de 600 mcg/dia RE (equivalente a Retinol) para adultos (FAO/WHO, 2002). A média fornecida pelas amoras é de 10,40 mcg. 100g^{-1} , valor esse 1,73% da dose recomendada de vitamina A.

A atividade sequestradora do radical DPPH variou de acordo com a cultivar (Tabela 3). O maior sequestro do radical DPPH foi observado com extratos do frutos da ‘Ébano’, salientando que, quanto menor o valor de EC_{50} (Concentração do extrato necessária para inibir a oxidação do radical DPPH em 50%), maior a atividade antioxidante do composto analisado. O mais alto valor de EC_{50} foi observado para cultivar Comanche, uma atividade de captura do radical DPPH de 3,2 vezes menor que o observado para cultivar ‘Ébano’.

O resultado de EC_{50} observado para a cultivar Arapaho do presente trabalho é semelhante ao obtido por Yilmaz et al. (2008), ao caracterizar frutos de diferentes cultivares de amoreira-preta e genótipos selvagens cultivados na Turquia, observando que a cultivar Arapaho apresentou menor valor de EC_{50} (5,8 mg.mg DPPH⁻¹).

Essa diferença observada para cultivares Arapaho e Tupy, pode ser inerente as condições de cultivo, uma vez que ambos os extratos foram utilizados o metanol como solvente. Vários fatores como genéticos e ambientais influenciam a acumulação e degradação de compostos antioxidantes em frutos, variedades e estágio de maturação (KOCA & KARADENIZ, 2009).

Os resultados obtidos demonstram uma variação entre frutos das cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre, para todas as características avaliadas indicando variabilidade genética suficiente para que ocorra a seleção de cultivares e/ou espécie de amora silvestre com potencial para o melhoramento genético.

O grau de divergência genética, ou seja, as estimativas de dissimilaridade, com base na Distância Generalizada de Mahalanobis entre as cultivares e/ou espécie de amoreira silvestre em estudo são apresentados na Tabela 4. O maior grau de divergência genética foi entre a amora silvestre e a cultivar Ébano ($D^2=2,75$), indicando que esses genótipos foram os mais divergentes e a menor dissimilaridade foi entre as cultivares Brazos e Guarani ($D^2=0,50$), conseqüentemente os mais similares.

As características responsáveis pela dissimilaridade genética entre frutos das diferentes a amora silvestre encontra-se na tabela 5. As características atividade antioxidante, cinzas e β -caroteno respondem por 87,97% da dissimilaridade genética. Os parâmetros químicos, atividade antioxidante e β -caroteno são nutricionalmente importantes, em conjunto com o teor de cinzas são imprescindíveis para serem utilizadas no melhoramento genético da espécie.

Cada variável canônica é uma combinação linear das variáveis originais analisadas e as duas principais devem explicar mais de 80% da variância total entre os materiais analisados (CRUZ et al., 2004). Neste trabalho as duas primeiras variáveis canônicas explicaram cerca de 95,11% da variação total (86,90% para a primeira e 8,21% para a segunda), o que possibilitou a dispersão gráfica no espaço bidimensional, revelando que a espécie de amoreira silvestre (1) está a mais distanciada em relação as demais. Por outro lado, as cultivares de amoreira-preta (2 e 11) apresentaram maior proximidade (Figura 1).

O dendograma de similaridade entre cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre mostrou que as cultivares Brazos e Guarani foram mais próximas geneticamente e a cultivar Ébano e espécie de amoreira silvestre as mais contrastantes divergentes (Figura 2).

O agrupamento pelo método de Tocher revelou a formação de dois grupos, o grupo I inclui todas as cultivares de amoreira-preta e o grupo II formado por apenas a espécie de amoreira silvestre (Tabela 6). Tais resultados indicam elevada dissimilaridade genética entre a espécie de amoreira silvestre e as demais cultivares de amoreira-preta.

Os resultados obtidos pelas técnicas de análise multivariada, ambas concordam entre si, análise de componentes principais, as técnicas de agrupamento pelo dendograma e o método de Otimização de Tocher, sendo confiáveis na identificação de progenitores com alta divergência, no sentido de orientar cruzamentos promissores.

Neste estudo, a espécie de amoreira silvestre e cultivar Ébano, se destacaram, cuja composição química e compostos bioativos foram responsáveis pela dissimilaridade genética, além disso, estes genótipos podem ser utilizados em programas de melhoramento através de cruzamentos com qualquer outros genótipos.

Tabela 1. Valores médios dos teores de umidade (U), cinzas (C), açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) em frutos de cultivares de amoreira-preta e espécie de amora silvestre. UFLA, Lavras. 2013.

| Espécie/ Cultivares | U (%) | C (%) | AT (g.100g⁻¹) | AR (g.100g⁻¹) | ANR (g.100g⁻¹) |
|--------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Amora silvestre | 78,74 b | 0,78 a | 6,95 a | 6,43 a | 0,54 a |
| Arapaho | 88,74 a | 0,42 b | 3,09 c | 2,93 c | 0,16 d |
| Brazos | 90,09 a | 0,35 b | 2,58 e | 2,44 e | 0,15 d |
| Caingangue | 89,72 a | 0,42 b | 3,05 c | 2,87 c | 0,18 c |
| Cherokee | 89,58 a | 0,46 b | 2,56 e | 2,40 e | 0,16 d |
| Choctaw | 88,09 a | 0,45 b | 3,56 b | 3,36 b | 0,20 b |
| Comanche | 88,98 a | 0,40 b | 2,87 d | 2,70 d | 0,17 c |
| Ébano | 91,43 a | 0,38 b | 1,85 f | 1,76 f | 0,09 f |
| Guarani | 90,24 a | 0,33 b | 1,96 f | 1,84 f | 0,12 e |
| Tupy | 90,26 a | 0,43 b | 1,60 g | 1,51 g | 0,10 f |
| Xavante | 88,74 a | 0,46 b | 3,07 c | 2,89 c | 0,18 c |
| Média | 88,61 | 0,44 | 3,01 | 2,83 | 0,18 |
| CV% | 1,52 | 12,23 | 3,38 | 3,39 | 3,72 |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$)

Tabela 2. Teores médios de pectina solúvel (PS), pectina total (PT) e porcentagem de solubilização (%S) de cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre. UFLA, Lavras. 2013.

| Espécie/ Cultivares | %S* | PS (mg.100g⁻¹MF) | PT (mg.100g⁻¹MF) |
|--------------------------------|------------|--|--|
| Amora Silvestre | 44,92 c | 576,18 a | 1282,61 a |
| Arapaho | 49,71 b | 476,24 b | 957,96 b |
| Brazos | 41,71 c | 327,51 e | 785,02 d |
| Caingangue | 42,79 c | 363,50 d | 849,31 c |
| Cherokee | 47,84 b | 378,73 d | 791,58 d |
| Choctaw | 48,42 b | 452,26 c | 933,89 b |
| Comanche | 46,45 b | 447,27 c | 962,77 b |
| Ébano | 60,69 a | 366,85 d | 605,36 e |
| Guarani | 41,97 c | 351,81 d | 838,16 c |
| Tupy | 49,48 b | 469,83 b | 949,50 b |
| Xavante | 62,21 a | 488,70 b | 785,55 d |
| Média | 48,77 | 427,17 | 885,60 |
| CV% | 5,92 | 4,61 | 3,18 |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$).

*A solubilização da pectina foi calculada pela porcentagem de pectina solúvel em relação à pectina total.

Tabela 3. Teores médios de fenóis totais (FT), flavonoides (FL), antocianinas (AN), licopeno (LI), β - caroteno (BC), vitamina A (VA) e atividade antioxidante (AA) de frutos de cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre. UFLA, Lavras. 2013.

| Espécie / Cultivar | FT | FL | AN | LI | BC | VA* | AA |
|--------------------|--------------------------------------|----------|---|---------|--------------------------|---------|-----------------|
| | ----- mg.100g ⁻¹ MF ----- | | ----- μ g.100g ⁻¹ MF ----- | | mcg.100 ¹ gMF | | C ₅₀ |
| Amora silvestre | 1093,2 a | 136,07 a | 92,96 h | - | 336,70 a | 28,28 a | 2,52d |
| Arapaho | 433,53 d | 89,55 e | 503,64 c | 63,30 c | 229,89 b | 19,31 b | 2,27 e |
| Brazos | 324,51 e | 95,34 d | 310,55 g | 40,09 e | 10,45 h | 0,87 h | 3,67 b |
| Caigangue | 441,70 d | 86,10 f | 353,24 e | 48,93 d | - | - | 2,52 d |
| Cherokee | 433,53 d | 79,21 g | 364,87 e | 49,81 d | 48,82 f | 4,10 f | 3,00 c |
| Choctaw | 252,65 g | 102,70 c | 292,90 g | 37,25 f | 151,43 d | 12,72 d | 3,17 c |
| Comanche | 285,86 g | 77,35 h | 373,52 d | 70,43 b | 79,87 e | 6,71 e | 4,27 a |
| Ébano | 483,30 c | 95,66 d | 656,05 a | 26,15 h | 147,73 d | 12,41 d | 1,33 f |
| Guarani | 147,86 h | 71,36 i | 333,19 f | 31,07 g | 17,65 h | 1,48 h | 2,98 c |
| Tupy | 247,33 g | 60,57 j | 371,17 e | 35,95 f | 32,28 g | 2,71 g | 3,54 b |
| Xavante | 671,45 b | 128,53 b | 531,23 b | 91,62 a | 183,24 c | 15,39 c | 2,30 e |
| Média | 437,72 | 92,94 | 380,30 | 44,96 | 123,81 | 10,40 | 2,86 |
| CV % | 1,29 | 1,05 | 4,53 | 4,54 | 5,16 | 5,16 | 4,65 |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$).

EC₅₀= Concentração do extrato necessária para inibir a oxidação do radical DPPH em 50%.

Tabela 4. Estimativa das distâncias Euclidianas médias de dissimilaridade entre 11 genótipos de amora (10 cultivares de amoreira-preta e 1 espécie de amoreira silvestre) quantificadas pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2). UFLA, Lavras., 2013.

| Genótipos | Distância entre Genótipos | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 0 | 2,34 | 2,50 | 2,43 | 2,34 | 2,08 | 2,29 | 2,75 | 2,52 | 2,50 | 2,32 |
| 2 | | 0 | 1,00 | 1,03 | 1,02 | 1,03 | 0,72 | 1,22 | 1,09 | 1,11 | 0,83 |
| 3 | | | 0 | 0,87 | 0,85 | 0,97 | 0,71 | 1,37 | 0,50 | 0,83 | 1,23 |
| 4 | | | | 0 | 0,91 | 1,19 | 0,78 | 1,07 | 0,87 | 1,06 | 1,16 |
| 5 | | | | | 0 | 1,10 | 0,74 | 1,36 | 0,96 | 1,10 | 0,97 |
| 6 | | | | | | 0 | 0,79 | 1,57 | 1,04 | 1,01 | 1,23 |
| 7 | | | | | | | 0 | 1,21 | 0,78 | 0,83 | 1,00 |
| 8 | | | | | | | | 0 | 1,36 | 1,53 | 1,35 |
| 9 | | | | | | | | | 0 | 0,75 | 1,31 |
| 10 | | | | | | | | | | 0 | 1,37 |
| 11 | | | | | | | | | | | 0 |

Nota: 1- Amora silvestre; 2- cv.Arapaho; 3- cv.Brazos; 4- cv.Caingangue; 5- cv.Cherokee; 6- cv.Choctaw; 7- cv.Comanche; 8- cv.Ébano; 9- cv.Guarani; 10- cv.Tupy; 11- cv.Xavante.

Tabela 5. Contribuição (%) de cada característica para a dissimilaridade entre as cultivares de amora-preta e espécie amora silvestre com base em estatísticas de Singh(1981). UFLA, Lavras, 2013.

| Característica | % |
|------------------------|----------|
| Atividade antioxidante | 53,26 |
| Cinzas | 24,12 |
| β -caroteno | 10,59 |
| Solubilização | 7,12 |
| Flavonoides | 2,86 |
| Pectina Solúvel | 0,32 |
| Licopeno | 0,32 |
| Fenóis Totais | 0,29 |
| Açúcares Redutores | 0,22 |
| Umidade | 0,21 |
| Açúcares Totais | 0,18 |
| Vitamina A | 0,15 |
| Pectina Total | 0,15 |
| Antocianinas | 0,14 |
| Açúcares não Redutores | 0,07 |

Tabela 6. Grupos com padrões similares estabelecidos pelo Método de otimização de Tocher aplicada ao distância Euclideana Média, avaliadas em 23 características de 10 cultivares de amora-preta e 1 espécie de amora silvestre.UFLA, Lavras, 2013.

| Grupos | Número de Indivíduos | Cultivar/ e ou espécie |
|---------------|-----------------------------|--|
| I | 10 | Brazos, Caingangue, Cherokee, Choctaw, Comanche, Ébano, Guarani, Tupy, Xavante |
| II | 1 | Amora silvestre |

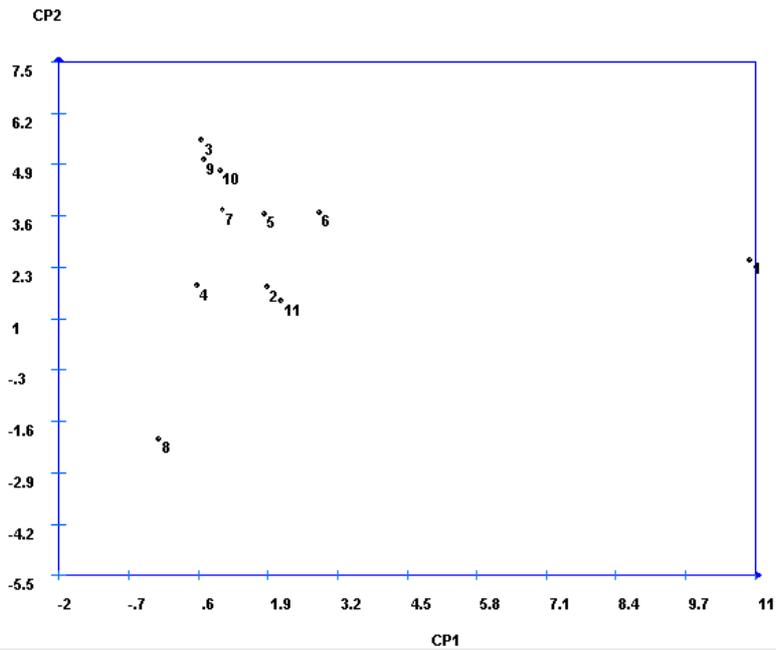


Figura1. Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois eixos representativos das duas primeiras variáveis canônicas (CP_1 e CP_2) 1. amora silvestre; 2. cv. arapaho; 3. cv. brazos; 4. cv. caingangue; 5: cv. cherokee; 6: cv. choctaw; 7: cv. comanche; 8: cv. ébano; 9: cv. guarani; 10: cv. tupy; 11: cv. xavante.

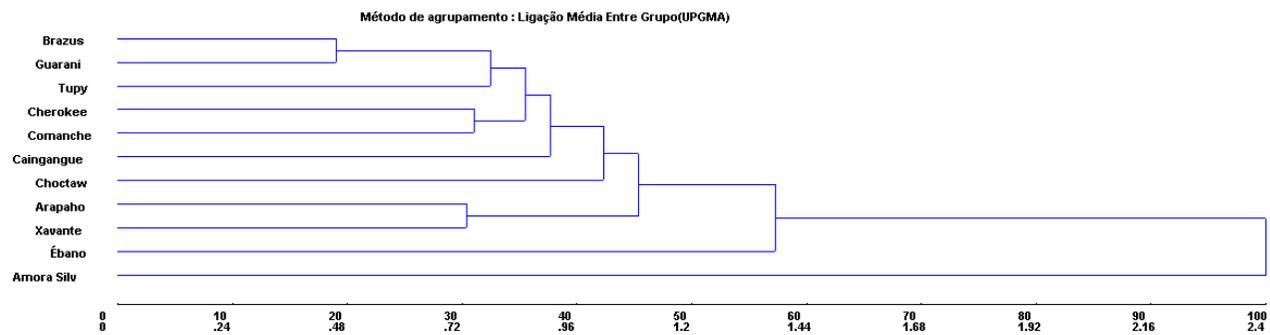


Figura 2. UPGMA dendrograma para 10 cultivares de amora-preta e 1 espécie de amora silvestre aplicada a matriz de Mahalanobis distância.

CONCLUSÕES

Os resultados sugerem que os frutos de amoras, são ricas em antioxidantes e apresentam grande potencial para exploração tanto consumo *in natura* quanto uso agroindustrial, podendo também contribuir em proporções consideráveis com a ingestão dietética recomendada, sendo fonte variada e alternativa de nutrientes. As cultivares Ébano e a espécie amora silvestre apresenta a maior dissimilaridade genética em relação as outras cultivares.

Recomenda-se aos programas de melhoramento genético da amoreira a incorporação da cultivar Ébano e espécie de amoreira vermelha silvestre, por apresentar características distintas, que visem a obtenção de frutos de características similares aos progenitores, principalmente em relação aos compostos bioativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: nova opção de cultivo no brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.151-158, 2002.

ANTUNES, L. E. C.; FILHO, J. D.; SOUZA, C. M. de. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2006.

ANTUNES, L. E.; 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 - AOAC. **Official Method of Analysis**. 18th ed. Washington, DC, USA: AOAC, 2005.

BEHLING, E. B.; SENDÃO, M.C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. de L. P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BITTER, V.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 34, n. 4, p. 330-334, 1962.

CHIANG, F.; JU, H.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanin Pigment Composition of Blackberries. **Journal of Food Science**, v.70, n.3, p.198-202, 2005.

CRUZ, C.D. **Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; SILVA, J.A.G.; VALÉRIO, I.P.; HARTWIG, I.; BUSATO, C.C. Genetic dissimilarity among wheat genotypes for lodging-associated traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.4, p.427-433, 2004.

DANTAS, A.A.A.; CARVALHO, L.G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.1, n.6, p.1862-1866, 2007.

FAO/WHO. 2002. **Expert consultation on human vitamin and mineral requirements**. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy, 290p.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus spp.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 664-674, 2010.

FERREIRA, D. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FINN, C. E.; CLARK, J. R. Blackberry. **In: Fruit Breeding Handbook of Plant Breeding**, v.8, p. 151-190, 2012.

GIUSTI, M. M; WROLSTAD, R. E. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. In **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, John Wiley & Sons, Inc.: 2001.

GONÇALVES, E. D. et al. **Implantação, cultivo e pós-colheita de framboesa no Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 5p. (Circular Técnica, 145).

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C.; CHIM, J. F. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.8, p.1720-1725, 2010.

JENNINGS, D. L.; CARMICHAEL, E. Anthocyanin Variation in the Genus *Rubus*. **New Phytologist**, v. 84, n. 3, p. 505-513, Mar., 1980.

JEROME A. KLAVONS, RAYMOND D. BENNETT, SADIE H. VANNIER// KLAVONS, J. A.; BENNETT, R. D.; VANNIER, S. H. Physical/Chemical Nature of Pectin Associated with Commercial Orange Juice Cloud. **Journal of Food Science**, v.59, n.2, p.399-401, March 1994.

- KAFKAS, E.; KOSAR, M. TUREMIS, N.; BASER, K.H.C. Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. **Food Chemistry**, Washington, v.97, n.4, p.732-736, 2006.
- 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**, Washington, v. 47, n.11, p. 4638-4644, 1999.
- 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.4, p.447-450, 2009.
- LOPES, T.J.; QUADRI, M.B.; QUADRI, M.G.N. Estudo experimental da adsorção de antocianinas comerciais de repolho-roxo em argilas no processo de batelada. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.9, n.1, p.49-56, 2006.
- LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M. **Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas: (de Consumo in Natura)**. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, Edição: 1, 2006, p. 640.
- MARINOVA D, RIBANOVA F, ATANASSOVA M. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy**, Bulgaria, v.40, n.3, p. 255-260, 2005.
- MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.20, n.5, p. 370-374, 2007.
- MARO, L. A. C.; PIO, R.; SILVA, T. C.; PATTO, L. S.. Ciclo de produção de cultivares de framboesiras (*Rubus idaeus*) submetidas

- à poda drástica nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.2 p. 435-441, 2012.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1995. 889p.
- McCREAD, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectin materials. **Analitical Chemistry**, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.
- MILIVOJEVIĆ, J., MAKSIMOVIĆ, V.; NIKOLIĆ, M.; BOGDANOVIĆ, J.; MALETIĆ, R.; MILATOVIĆ, D. Chemical and Antioxidant Properties of Cultivated and Wild *Fragaria* and *Rubus* Berries. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.34, n.1, p. 1-9, 2011.
- MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n.2, p. 265-273, 2006.
- MOTA, R. V. Caracterização física e química de geléia de amora-preta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.539-543, 2006.
- MOURA, P. H. A.; CAMPAGNOLO, M. A., PIO, R., CURI, P. N. C., ASSIS, C. T, SILVA, T. C. Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.12, p.1714-1721, 2012.
- NAGATA, M; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology** . v.39, n.10, p. 925–928, 1992.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biology Chemistry**, v.153, n.2, p.375-380, 1944.

PANTELIDIS, G.E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G.A.; DIAMANTIDIS, G.R. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. **Food Chemistry**, Washington, v.102, n.3, p 777-783, 2007.

ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; GONZAGA, L. V.; CALIARI, V.; GENOVESE, M. I.; SOUZA, A. E.; GONÇALVES, S. S.; FETT, R. Phenolic Compounds Content and Antioxidant Activity in Pomace from Selected Red Grapes (*Vitis Vinifera* L. and *Vitis Labrusca* L.) Widely Produced in Brazil. **Food Chemistry**, Washington, v.127, n.1, p. 174-179, 2011.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico 127** – EMBRAPA, 2007.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A.Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.16, n.3, p.144-158, 1965.

TOSUN, I.; U.N. SULE, U. N.; BELKIS, T. Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. **Scientia Agricola**. v.65, n.1, p.87-90, 2008.

USDA - United States Department of Agriculture. **Agricultural Research Service**. 2001. Nutrient database for standard reference.

Disponível em:
<<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=2026>>.

Acesso em: 03 de agosto 2011.

VALDUGA, E.; LIMA, L.; PRADO, R do.; PADILHA, F. F.; TREICHEL, H. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva "Isabel" (*Vitis labrusca*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1568-1574, 2008.

YILMAZ, K.; ZENGIN, Y.; ERCISLI, S.; SERCE, S.; GUNDUZ, K.; MEMNUNE SENGUL, M.; ASMA, B. M. Some selected physico-chemical characteristics of wild and cultivated blackberry fruits (*Rubus fruticosus* L.) from Turkey. **Romanian Biotechnological Letters**, v.14, n.1, p. 4152-4163, 2009.

ZHUANG, X.P.; LU, Y.Y.; YANG, G.S. Extraction and determination of flavonoid in ginkgo. **Chinese Herbal Medicine**, v.23, p.122-124, 1992.

**ARTIGO 3- CLORETO DE CÁLCIO E 1-
METILCICLOPROPENO NA PRESERVAÇÃO DA
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE
DIFERENTES CULTIVARES DE AMOREIRA-PRETA**

Preparado de acordo com as normas da Revista Brasileira de
Fruticultura – versão preliminar

MAYARA NEVES SANTOS GUEDES^{1*}, CELESTE MARIA
PATTO DE ABREU², LUANA APARECIDA CASTILHO
MARO³, JOÃO OTÁVIO DE OLIVEIRA⁴, LEONARDO PATTO⁵,
RAFAEL PIO⁶

RESUMO – Estudou-se o potencial do cloreto de cálcio (CaCl₂) e 1-Metilciclopropeno (1-MCP - SmartFresh®) em estender a vida útil pós-colheita de amoras-pretas. Após a colheita, parte dos frutos das

¹ Eng. Agr., M.Sc., Discente do Programa de Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Dep. de Química, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG. maysantos2@yahoo.com.br

² Eng. Agr., D.Sc., Universidade Federal de Lavras - UFLA, Dep. de Química, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG. Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq. celeste@ufla.br

³ Eng. Agr., D.Sc., Universidade Tecnológica Federal do Paraná –UTPR, Departamento de Ciências Agrárias, km1 Cep.85503-309, Pato Branco – PR. luanamaro@utfpr.edu.br

⁴ Aluno do curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras -UFLA, C. P. 3037, 37200-000, Lavras-MG. E-mail: j.oliveira30@hotmail.com

⁵ Eng. Agr., M.Sc., Universidade Federal de Lavras - UFLA, Dep. de Agricultura, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG. leleospatto@hotmail.com

⁶ Eng. Agr., D.Sc., Universidade Federal de Lavras - UFLA, Dep. de Agricultura, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras-MG. Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq. rafaelpio@dag.ufla.br

* Autor para correspondência.

cultivares Brazos, Caingangue e Guarani foi tratada com $1 \mu\text{L.L}^{-1}$ de 1-MCP durante 3 horas a 7°C , enquanto outra parte foi imersa em solução de CaCl_2 2% por 10 minutos, além dos frutos que não receberam nenhum tratamento. Em seguida, as amostras foram armazenadas a 7°C durante 12 dias. Parâmetros de qualidade foram monitorados (perda de massa da matéria fresca, sólidos solúveis, acidez titulável, pectina solúvel, porcentagem de solubilização, coloração (valor L, croma e ângulo *hue*), fenois totais, flavonoides, antocianinas, teor de ácido ascórbico e atividade antioxidante). Diferenças significativas foram observadas para frutos das diferentes cultivares estudadas. O tratamento com CaCl_2 foi eficiente em manter baixo o teor de pectina solúvel bem como conter a porcentagem de solubilização. Por outro lado não teve efeito na manutenção dos teores de flavonoides, antocianinas, sólidos solúveis, ácido ascórbico e atividade antioxidante. A exposição dos frutos ao 1-MCP propiciou níveis elevados de antocianinas e ácido ascórbico nos frutos, além da atividade antioxidante que não apresentou redução com o decorrer do tempo.

Termos para indexação: *Rubus* spp., compostos bioativos, amadurecimento, atividade antioxidante, etileno,

**CALCIUM CHLORIDE AND 1-METHYLCYCLOPROPENE
IN THE PRESERVATION OF POST-HARVEST QUALITY
OF FRUITS OF DIFFERENT VARIETIES OF BLACKBERRY**

ABSTRACT – We studied the potential of calcium chloride (CaCl_2) and 1-methylcyclopropene (1-MCP - SmartFresh®) to extend the life of blackberries. After harvest, the fruit of

cultivars of Brazos, Caingangue and Guarani treated with 1 $\mu\text{L.L}^{-1}$ of 1-MCP for 3 hours at 7 ° C, while another part was immersed in solution of 2% CaCl_2 for 10 minutes, and untreated fruits. Then the samples were stored at 7° C for 12 days. Were monitored parameters quality (fresh weight loss, soluble solids, titratable acidity, soluble pectin, solubilization rate, color (value L, chroma and hue angle), total phenols, flavonoids, anthocyanins, ascorbic acid and activity antioxidant). Significant differences were observed on fruits of different cultivars. CaCl_2 treatment was effective in keeping down the soluble pectin content and contains the percentage of solubilization. On the other hand had no effect on the maintenance of the levels of flavonoids, anthocyanins, soluble solids, ascorbic acid and antioxidant activity. Fruit exposure to 1-MCP led to high levels of ascorbic acid and anthocyanins in the fruit, and no antioxidant activity decreased with time.

Index terms: *Rubus* spp, bioactive compounds, maturation, antioxidant activity, ethylene.

INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Rubus* são reconhecidas como fonte natural de antioxidantes. Destaque especial à amoreira-preta que além das propriedades nutracêuticas de seus frutos apresenta ótimas perspectivas de produção e de mercado (CAMPAGNOLO & PIO, 2012). Adicionalmente ao consumo natural, a amora-preta é destinada à produção de polpa, geleificados e sucos naturais

(BASSOLS & MOORE, 1981; POLING, 1996). No entanto, há limitação quanto ao mercado de frutos frescos decorrente da alta perecibilidade (PERKINS-VEAZIE et al., 1999). A estrutura frágil associada a alta taxa respiratória favorecem vida útil pós-colheita relativamente curta (PERKINS-VEAZIE et al., 1997). Isso requer o conhecimento da fisiologia pós-colheita de amoras-pretas e exalta a importância da utilização de técnicas que ampliem o tempo de armazenamento sem, contudo, alterar características físicas, sensoriais e nutricionais (ABREU et al., 1998).

A refrigeração associada a outras técnicas de conservação tem sido descritas em armazenamento de frutos. A aplicação de CaCl_2 e 1-MCP na pós colheita tem se mostrado eficientes em manter a qualidade dos frutos durante armazenamento, podendo apresentar alternativas viáveis na conservação de frutos.

A influência da aplicação de CaCl_2 em frutos tem recebido considerável atenção, visto que este produto produz efeitos desejáveis como a manutenção da estabilidade da membrana celular pela manutenção da integridade das pectinas a atividade de enzimas hidrolíticas (MOTA et al., 2002).

O 1-MCP inibe a ação do etileno, bloqueando seus sítios receptores, presentes nas células vegetais. Acredita-se que o 1-MCP liga-se permanentemente aos sítios receptores do etileno, presentes nas células vegetais no momento da aplicação do produto (1-MCP), e que o retorno da sensibilidade destes vegetais ao etileno seja devido à síntese de novos sítios receptores (BLANKENSHIP & DOLE, 2003).

Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito do CaCl_2 e 1-MCP na preservação da qualidade pós-colheita de frutos de diferentes cultivares de amoreira-preta.

MATERIAL DE MÉTODOS

Frutos de três cultivares de amora-preta, 4,5kg, foram coletados pela manhã no pomar comercial em Senador Amaral-MG, no estádio de maturação de coloração vermelha brilhante. Segundo a classificação de Koppen o município apresenta clima tropical de altitude (Cwb) estando a 1505 metros de altitude $22^{\circ}35'13''\text{S}$ e $46^{\circ}10'37''\text{O}$ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2013).

Os frutos Os frutos foram encaminhados para o Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras–MG. Os frutos de cada cultivar de amoreira foram selecionados, eliminando-se os defeituosos, sendo posteriormente submetidos aos diferentes tratamentos, descritos: T1) Controle + armazenamento refrigerado (7°C); T2) imersão em solução de Cloreto de cálcio (2% / 10min) + armazenamento refrigerado (7°C); T3) Exposição ao 1-MCP (SmartFresh®) (100 nL.L^{-1} por 2h) a 5°C + armazenamento refrigerado (7°C).

Após os tratamentos, os frutos de amora foram distribuídos aleatoriamente, em bandejas de polipropileno de 60 mm de espessura, e armazenadas sob refrigeração (7°C e 90% UR), sendo que cada parcela era composta por 15 frutos. As amostras foram avaliadas nos tempos 0, 3, 6, 9, 12 dias no final de cada período de armazenamento. As análises realizadas no fruto inteiro foram coloração e firmeza, após essas análises os frutos foram triturados e

imediatamente armazenados em freezer a -80°C até o momento das análises. Os índices de coloração dos frutos foram determinados por meio de um colorímetro marca Konica Minolta Ltda., modelo Chroma Meter CR – 3000, luminosidade (L), croma e ângulo hue ($^{\circ}\text{Hue}$) (McGUIRE 1992). A perda de massa (PM)(%), determinada por gravimetria, considerando-se a diferença entre o peso inicial do fruto e o obtido em cada amostragem; teor de sólidos solúveis (SS) ($^{\circ}\text{Brix}$), determinado usando refratômetro digital (AOAC, 2005); acidez titulável (AT), determinada por titulação do suco com NaOH a 0,1N e expressa em porcentagem de ácido cítrico (AOAC, 2005); os teores de pectina solúvel foram extraídas segundo a técnica padronizada por McCread & McCoomb (1952) e quantificadas por reação com carbazol segundo a técnica de Bitter & Muir (1962); e os resultados foram expressos em miligramas de ácido galacturônico por 100g de matéria fresca ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). A porcentagem de Ssolubilização da pectina foi calculada pela relação de pectina solúvel e pectina total. Os teores de fenois totais foram extraídos segundo Marinova et al. (2005) e determinados pelo método de Folin-Ciocalteu segundo Singleton e Rossi (1965) e os resultados foram expressos em miligramas equivalente de ácido gálico por 100g de matéria fresca, ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). A extração dos flavonóides foi realizada segundo Marinova e Ribanova (2005), dosados conforme a metodologia de Zhuang et al.(1992) e os resultados foram expressos em miligramas de catequina por 100g de matéria fresca, ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). A determinação das antocianinas monoméricas foi efetuada pelo método pH diferencial segundo Giusti e Wrolstad, (2001) e os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glucoside por 100 g de matéria fresca, ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). A determinação de ácido ascórbico

foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Strohecker e Henning (1967). Os resultados expressos em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de fruta fresca, ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). A atividade antioxidante total foi dosada conforme a metodologia estabelecida por Rufino et al. (2008), utilizando o método do seqüestro do DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). Os extratos foram obtidos segundo método segundo Marinova et al. (2005). E os resultados foram expressos em EC50 (valor definido como gramas de fruta necessária para reduzir a concentração inicial de DPPH em 50%).

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial $3 \times 5 \times 3$, sendo 3 cultivares de amoreira-preta ‘Brazos’, ‘Caingangue’ e ‘Guarani’, 5 períodos de armazenamento 0,3,6,9,12 dias e 3 tratamentos controle, 1-MCP e cloreto de cálcio) com 4 repetições de 15 frutos por parcela.

Os dados foram analisados pelos programas Sisvar 4.6 Build 61 (FERREIRA, 2003) e quando significativos foram analisados por meio de regressão polinomial.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Independentemente da cultivar estudada, houve perda significativa de massa à medida que se aumentou o período de armazenamento dos frutos (Figura 1). Ao final de 12 dias, as perdas atingiram 7,30%, em média. No entanto, este resultado encontra-se abaixo do verificado por Antunes et al. (2003) ao avaliar a conservação pós-colheita de frutos das cultivares Brazos e Comanche. Os autores encontraram perda de massa de 7,91% para

frutos à 2 °C envoltos por filme de cloreto de polivinila (PVC) por 12 dias.

Em média, as amoras-pretas da cultivar Guarani e Caingangue apresentaram os maiores valores de perda de massa (4,06 e 3,64%), enquanto para Brazos a perda de massa foi de frutos de maior tamanho (diâmetro e massa) quando comparada as demais cultivares, apresentou menor perda de massa (3,02%) (Tabela 1), indicando que possivelmente, estes frutos apresentaram menor taxa metabólica durante o armazenamento.

Como relatado por Antunes et al. (2002) é provável que haja diferenças na intensidade respiratória destas cultivares os quais constataram menor perda de massa para ‘Brazos’ em relação à ‘Comanche’. Em relação aos tratamentos CaCl_2 e 1-MCP, não influenciaram na perda de massa nos frutos das amoras ‘Brazos’ e ‘Caingangue’. Já o frutos da ‘Guarani’ tratados com CaCl_2 apresentaram menor perda de massa, 2,83%, o que pode ser verificado na Tabela 1.

A perda de massa dos frutos é um atributo importante que está diretamente relacionado com a qualidade do fruto, sendo que perdas de massa da ordem de 3-6% podem ser satisfatórias para ocasionar um marcante declínio na qualidade, além de representar um aumento de perdas no volume comercializado, uma vez que se emprega a massa como referência nas operações de venda. Observa-se que o teor de SS apresentaram um comportamento semelhante com o decorrer do tempo nas três cultivares estudadas (Figura 2). Posteriormente, a diminuição nos valores de SS pode ser resultado do consumo dessas substâncias pelo processo respiratório. Mesmo

que se verifique posterior acréscimo, constatou-se que os SS sofreram pouca variação durante os dias de armazenamento.

Os valores iniciais e finais foram em média 8,48-9,10; 8,31-9,12 e 8,55-8,96 °Brix, respectivamente, para os frutos sem tratamento (controle), frutos tratados com CaCl_2 e aqueles expostos a ambiente com 1-MCP. No entanto, verifica-se que as cultivares estudadas diferenciaram quanto a evolução nos teores de SS. Frutos da cultivar 'Caingangue' e 'Brazos' apresentaram teores de (9,22 e 8,11 °Brix), respectivamente (Tabela 2).

Estes comportamentos diferentes podem ser explicados pelas diferenças entre as cultivares de amoras utilizadas, uma vez que os teores de sólidos solúveis podem variar entre espécies, cultivares, estádios de maturação e clima (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O tratamento que propiciou a menor teor de SS foi o CaCl_2 (8,54 °Brix) seguido do tratamento 1-MCP (8,67 °Brix) enquanto os frutos que não receberam tratamento apresentaram teor médio de SS de 8,78 °Brix, ambos não influenciaram estatisticamente o teor de SS (Tabela 2).

Com base nos dados observados, a AT sofreu variações ao longo do período de armazenamento (Figura 3). O decréscimo mais acentuado dos teores de ácido cítrico se deu no 9º dia de armazenamento, possivelmente período correspondente ao pico respiratório dos frutos. Kays (1991) afirma que após a colheita e durante o armazenamento, a concentração de ácidos orgânicos tende a declinar na maioria dos frutos, em consequência da larga utilização desses compostos como substrato respiratório e esqueletos de carbono para a síntese de novos compostos.

Observa-se que a cultivar Guarani apresentou diferença significativa para esse parâmetro em relação aos tratamentos. Os frutos dessa cultivar submetidos ao 1-MCP apresentaram menores teores de de AT no dia 0 e 6° quando comparado aos outros tratamentos.

Amoras-pretas da cultivar Guarani apresentaram o maior teor médio de ácido cítrico neste estudo (1,45 mg de ácido cítrico.100g⁻¹), enquanto a cultivar 'Caingangue' apresentou menor teor (1,19 mg de ácido cítrico.100g⁻¹) (Tabela 3). Enquanto Mota (2006) encontrou teores de 1,47 ± 0,03 mg de ácido cítrico.100g⁻¹, para cultivar Guarani e 1,26±0,03 mg de ácido cítrico.100g⁻¹, para cultivar Caingangue, valores próximos aos encontrados neste estudo.

Os frutos submetidos ao tratamento CaCl₂ apresentaram maiores teores de AT (1,32 mg de ácido cítrico.100g⁻¹) diferindo estatisticamente dos frutos submetidos ao tratamento 1-MCP (1,29 mg de ácido cítrico.100g⁻¹) e aos frutos que não receberam tratamento (1,28 mg de ácido cítrico.100g⁻¹) (Tabela 3). Este fato pode ser atribuído ao retardo da degradação da parede celular. Com o decorrer do tempo, observa-se que os teores médios de pectina solúvel sofreram acréscimos (Figura 4).

Para frutos das cultivares Brazos e Guarani, até o 3° dia de avaliação, os teores de pectina solúvel não diferiram estatisticamente. Amoras-pretas da 'Caingangue' mantiveram seus teores de pectina solúvel até o 6 ° dia quando no 9° dia nota-se distinção entre os tratamentos. Este menor teor de pectinas solúveis pode estar associado a níveis elevados de cálcio nos tecidos dos frutos desta cultivar que contribuíram para a integridade da parede celular por maior período. Guedes et al. (2013) corroboram esta

afirmação ao descreverem frutos da cultivar Caingangue com teor de cálcio ($18,4\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) significativamente superior a frutos da ‘Guarani’ e ‘Tupy’ ($16,8$ e $14,3\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, respectivamente).

Os frutos da cultivar Brazos obtiveram em média os menores valores ($331,2\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) para pectina solúvel enquanto a cultivar Guarani os maiores valores ($401,47\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$).ao final do período de armazenamento (Tabela 4).

O valor médio de pectina solúvel encontrado no experimento (Figura 4), foi de $369,14\text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de amostra fresca. Os teores médios de pectina solúvel dos frutos tratados com CaCl_2 foram estatisticamente diferente e 3% e 4% inferiores aos respectivos tratamentos com 1-MCP e os não tratados. A eficácia do CaCl_2 em atuar na prevenção da degradação normal da parede celular durante o armazenamento também foi comprovada por Figueroa et al. (2012) em morango, outro fruto enquadrado no rol das pequenas frutos. Em concordância com a variável anteriormente descrita, o tratamento com CaCl_2 foi superior aos demais e amoras-pretas da cultivar Brazos apresentaram a menor porcentagem de solubilização (Figura 5).

Carvalho et al. (1998) ressaltam o papel do cálcio na manutenção da estrutura da parede celular dos frutos, pois interage com as cadeias pécicas, formando o pectato de cálcio. Portanto, espera-se que frutos tratados com uma concentração de cálcio adequada, apresentam estrutura mais firme do que os não-tratados.

Os frutos tratados com CaCl_2 apresentaram teor de solubilização estaticamente inferior que os frutos tratados com 1-MCP e aos frutos que não receberam tratamento, independente da

cultivar analisada, 32,26, 36,18 e 34,20%, respectivamente (Tabela 5).

No 9º dia de armazenamento, para frutos da ‘Caingangue’, o 1-MCP posicionou-se acima dos demais tratamentos com a maior porcentagem de solubilização. É possível que, a partir de então, nesta cultivar, novos sítios receptores de etileno tenham sido sintetizados.

De maneira geral os frutos da ‘Guarani’ (34,75%) e ‘Caingangue’(35,02%) foram estatisticamente iguais quanto o teor de Solubilização, enquanto a ‘Brazos’ (32,97%) foi inferior, (Tabela 5). Assim menores teores de solubilização de pectina indicam uma textura firme, que confere maior resistência ao transporte e armazenamento.

A solubilização de substâncias pécticas é uma tendência natural durante o amadurecimento dos frutos (Oliveira, 2005) e afeta de maneira marcante a comercialização por estar consequentemente associada ao amaciamento.

Constatou-se acentuada redução nos valores de luminosidade, que exprime o brilho ou a intensidade luminosa, no decorrer dos dias de armazenamento (Figura 6).

Frutos da ‘Caingangue’ apresentaram maior índice de luminosidade (19,16) que pode ser característica intrínseca da cultivar (Tabela 6). Porém este brilho não foi mantido com o passar do tempo. De maneira geral os frutos tratados com 1-MCP apresentaram índice de luminosidade de (18,29), expressaram o mesmo comportamento dos frutos não tratados (18,27) e foram estatisticamente superior aos frutos que foram tratados com CaCl_2 (18,05) (Tabela6). Tais resultados corroboram como fato de que o

tratamento com CaCl_2 interferiu negativamente na coloração dos frutos de amora, com tendência ao escurecimento.

Jha & Matsuoka (2002) relataram que a luminosidade constitui um parâmetro para avaliação não destrutiva da qualidade e frescor de produtos hortícolas. A coloração é o atributo mais importante no processo de escolha pelos consumidores (Chitarra & Chitarra, 2005). Os autores reportaram que o brilho tende a decrescer linearmente com a perda de massa fresca. Tal correlação pôde ser verificada no presente trabalho onde a perda de massa da matéria fresca decresce concomitantemente com a luminosidade.

Apesar do parâmetro da coloração, luminosidade apresentar diferença estatística entre os tratamentos, estas diferenças não foram notadas visualmente.

Os valores de cromaticidade mostraram que não houve escurecimento acentuado dos frutos no durante os doze dias de avaliação (Figura 7). Verificou-se pequeno acréscimo na intensidade da cor ao longo do período de armazenamento. Os valores médios iniciais e finais de croma situaram-se na faixa de 6,23 e 7,68, respectivamente.

Inexpressivas variações nas coordenadas de cor também foram detectadas na conservação de pequenos frutos. Spiers et al. (2004) constataram valores de croma de 4,23 no início e 5,46 ao fim de 30 dias de conservação.

A cor dos frutos apresentou diferenças significativas em relação à intensidade da coloração (cromaticidade) entre as três cultivares de amora preta, ainda que suaves alterações tenham sido observadas. Amoras-pretas da cultivar Brazos apresentaram os

maiores valores para croma, seguidas de ‘Guarani’ e ‘Caingangue’, respectivamente (7,79,7,26 e 7,06) (Tabela7).

É interessante observar que os valores do índice de Croma foram maiores nos frutos tratados com CaCl_2 (7,63) e estatisticamente diferente dos frutos tratados com 1-MCP (6,90) (Tabela7). Os frutos do controle e CaCl_2 possibilitaram aumento de apenas 1,21 e 0,82, respectivamente, nos valores de croma ao final de 12 dias. Enquanto a exposição ao 1-MCP propiciaram acréscimo de 2,51 no mesmo intervalo.

Os valores de tonalidade da cor indicaram que a cor roxa dos frutos manteve-se praticamente a mesma em relação ao início do experimento (Figura 8). Os valores médios iniciais foram de 341,04 e os finais de 342,54.

Amoras-pretas da cultivar Caingangue se diferiram das demais apresentando ângulo hue de 343,43, enquanto nos frutos da Guarani este valor foi de 341,92 (Tabela 8). Em análise colorimétrica realizada por Guedes et al. (2013) as cultivares do presente estudo também diferiram entre si quanto as coordenadas cartesianas.

Frutos do tratamento controle foram os que apresentaram os maiores valores de ângulo hue (344,17), tabela 8, indicando que a possível manipulação do frutos ao serem expostos ao 1-MCP ou imersos em solução de CaCl_2 pode influenciar a tonalidade dos mesmos. Os frutos tratados com 1-MCP de apresentaram valores médios do ângulo hue (cor) menores que o controle, mostrando que a aplicação de 1-MCP influenciou na cor, ou seja, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram cor mais avermelhada.

A coloração vermelha forte é afetada pela distribuição e o conteúdo total de antocianinas, pela quantidade de cloroplastos que armazenam tais pigmentos, pela formação de complexos antocianinas-metais e pelo pH (Chitarra & Chitarra, 2005). A manutenção da cor dos frutos de amora-preta durante o armazenamento é um dos atributos de qualidade desejado, já que o escurecimento excessivo dos frutos compromete seu aspecto visual e, portanto, a sua aceitação pelo consumidor.

Amoras-pretas deste estudo tiveram seus teores de fenóis totais reduzidos durante o período de armazenamento (Figura 9). Embora redução drástica nos valores tenham sido observados no 6º dia de armazenamento, os fenóis totais se mantiveram quase constantes até o terceiro dia. Neste período, frutos da 'Brazos' e 'Caingangue' apresentaram respostas diferenciadas conforme o tratamento.

Frutos controle da 'Brazos' diferiram dos demais tratamentos, indicando que, para a manutenção do teor de fenóis totais nesta cultivar por três dias, dispensa-se a utilização de CaCl_2 e 1-MCP. Por outro lado, neste mesmo período, tais tratamentos foram efetivos em retardar a redução de fenóis totais em amoras-pretas da 'Caingangue'. Similarmente ao verificado para porcentagem de solubilização, frutos desta cultivar mostraram-se mais responsivos à exposição com 1-MCP.

Conforme relatado por Bomfim et al. (2012), a concentração de 1-MCP, necessária para apresentar efeito no bloqueio da ação do etileno, varia conforme a espécie, cultivar e estágio de maturação. Fato que comprova tal inferência foi à distinção das cultivares estudadas: amoras-pretas da 'Guarani' apresentaram os maiores

valores (1524,37 mg de ácido gálico.100g⁻¹), seguidas das cultivares Caingangue (1499,3 mg de ácido gálico.100g⁻¹) e Brazos (1465,0 mg de ácido gálico.100g⁻¹), (Tabela 9).

De maneira geral foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, onde os frutos tratados com CaCl₂ mostraram maior teor de fenóis totais que os frutos tratados com 1-MCP que apresentaram o mesmo comportamento dos frutos que não receberam nenhum tratamento.

O teor de flavonóides apresentou decréscimo em função dos dias de avaliação (Figura 10). Assim como observado por Tosun et al. (2008), compostos fenólicos de amoras-pretas decrescem com o avanço da maturação.

Amoras-pretas da 'Caingangue' e 'Guarani' apresentaram os maiores valores médios de flavonoides (223,72 e 223,08 mg de catequina.100g⁻¹) (Tabela 10). Ainda que o teor de flavonóides tenham sofrido redução, os valores médios encontraram-se acima daqueles relatados por Ferreira et al. (2010) ao estudarem compostos bioativos em amoras-pretas da cultivar Tupy (173,7 ± 0,7 mg de catequina.100g⁻¹).

Para esta variável, os tratamentos com CaCl₂ e 1-MCP diferiram estatisticamente entre si, sendo os frutos não que não receberam tratamentos os que mantiveram os teores de flavonóides.

Amoras-pretas apresentaram redução de 6,67% do teor de antocianinas até o terceiro dia de armazenamento, considerando o teor médio inicial de 248,39 mg. 100g⁻¹ seguido de posterior acréscimo (Figura 11).

Essa redução inicial pode ser explicada pelo aumento de concentração em função da perda de massa fresca. A partir de então,

o aumento nos teores de antocianinas coincide com a redução da acidez titulável que, de acordo com Kalt et al. (1999), ocorre em função do fornecimento de esqueletos de carbono para a síntese de fenólicos a partir de ácidos orgânicos.

O aumento dos teores de antocianinas já foi descrita para outras pequenas frutos como a framboesa. Krüger et al. (2011) relatam aumento de 25,6% em três dias de armazenamento refrigerado, seguido de um dia em condições ambientes.

Frutos da cultivar Guarani e Caingangue apresentaram os maiores teores, já 'Brazos' tiveram frutos com os menores teores de antocianinas, 252,58, 249,63 e 216,62 mg de cianidina-3-glucoside.100g⁻¹, respectivamente (Tabela 11).

Quanto ao tratamento, a aplicação de 1-MCP mostrou-se superior estatisticamente aos demais. Alves et al. (2010) verificaram que o tratamento de 1-MCP em frutos de ameixas, promoveu as maiores concentrações de antocianinas ao final do armazenamento.

Frutos das Amoras-pretas da 'Caingangue' e 'Guarani' apresentaram os maiores valores médios de ácido ascórbico (92,16 e 87,05 mg.100g⁻¹) enquanto amoras-preta 'Brazos' apresentou menor valor (61,97 mg.100g⁻¹) (Tabela 12). Valores inferiores a este estudo foram encontrados por Guedes et al. (2013) para ambas as cultivares.

Foram observadas variações crescentes durante o período de armazenamento atingindo o maior valor ao final (Figura 12). Os teores de ácido ascórbico diferiram significativamente com a utilização dos tratamentos, frutos submetidos ao 1-MCP apresentaram maiores teores (82,91 mg.100g⁻¹) e os tratados com CaCl₂ menores (78,27 mg.100g⁻¹) (Tabela 12).

Os frutos das cultivares em estudo, indiferente do tratamento utilizado, mostraram uma discreta redução no teor de ácido ascórbico no 6º dia de armazenamento, a partir daí um aumento crescente até o último dia de armazenamento. Esse fato leva a inferir que a intensificação da cor vermelha, ou seja, a perda de brilho observada nos frutos de amora, durante o armazenamento seja provocado pela degradação do DHA ácido deidroascórbico-DHA para ácido 2,3-dicetogulônico. O ácido ascórbico passaria pelo processo fisiológico conhecido por delactonização, que é a transformação deste em ácido 2,3-dicetogulônico, o que leva a perda da atividade biológica, e esse através de outras reações químicas, produz pigmentos escuros que depreciam a aparência do produto (Chitarra & Chitarra, 2005).

A atividade antioxidante dos frutos, expressa como concentração final do extrato necessária para inibir a oxidação do radical DPPH em 50% (IC_{50}), foi inicialmente de 2,2, 1,8 e 2,1 EC_{50} (g/g de DPPH), com valores finais de 2,4, 2,2 e 2,7 EC_{50} (g/g de DPPH) respectivamente para os frutos controle, tratados com $CaCl_2$ e 1-MCP, figura 13. A capacidade antioxidante do alimento pode ser afetada como consequência do processamento e armazenamento, onde os compostos antioxidantes de ocorrência natural podem ser perdidos (Kaur e Kapoor, 2001).

De modo geral os maiores teores de EC_{50} foram observados nos frutos que receberam aplicação de 1-MCP (2,34) e os tratados com $CaCl_2$ (2,10) apresentaram menores teores, (Tabela13). Enquanto frutos das amoras 'Brazos' e 'Guarani' apresentaram maior teor de EC_{50} diferindo estatisticamente dos frutos da cultivar Caingangue, 2,29, 2,32 e 2,07, respectivamente, (Tabela 13) . Quanto

menor o valor de EC_{50} maior é a atividade antioxidante do extrato, portanto observou-se que, no caso dos frutos de amora, quanto mais tempo armazenada menor a atividade antioxidante.

Ressalta-se que para a cultivar 'Brazos' o tratamento dos frutos com $CaCl_2$ manteve os índices de EC_{50} baixos até 6º dia de armazenamento, observou se também valores crescentes ao longo do armazenamento para o tratamento 1-MCP e também o maior valor de EC_{50} foi no último dia de armazenamento. Já para as cultivares Caingangue e Guarani o tratamento dos frutos com 1-MCP foi eficiente em manter a atividade antioxidante elevada até o sexto dia de armazenamento.

CONCLUSÕES

O tratamento com $CaCl_2$ foi eficiente em manter por mais tempo a integridade da parede celular já que apresentou a menor porcentagem de solubilização, teve efeito positivo na manutenção dos teores de fenóis totais, flavonoides e atividade antioxidante.

Os frutos expostos ao 1-MCP apresentaram maiores teores de antocianinas e vitamina C no final do armazenamento.

Em geral de boa qualidade inicial, os frutos da cultivar 'Guarani' apresentaram, deterioração mais rápida durante o período de armazenamento avaliado, quando comparada as outras duas cultivares. Deve ser indicada para processamento, como uma alternativa de redução de perdas pós colheita bem manutenção da qualidade nutricional.

A cultivar Brazos e Caiagangue responderam melhor aos tratamentos com 1 MCP e $CaCl_2$, mantendo por mais tempo sua

qualidade. Podendo assim ser indicada para comercialização do fruto *in natura*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D. de; GONÇALVES, N. B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 70-72, 1998.

ALVES, E. de.O.; STEFFENS, C.A.;AMARANTE,C.V.T do.; WEBER, A.; MIQUELOTO, A.B. E. Armazenamento refrigerado de ameixas ‘Laetitia’ com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1,p.30-36, 2010.

ALVES, E. DE. O.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T DO.; WEBERLL, A.; MIQUELOTOL, A.; BRACKMANNLL, A. Armazenamento refrigerado de ameixas ‘Laetitia’ com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p. 30-36, 2009.

ANTUNES, L. E. C.; FILHO, J. D.; SOUZA, C. M. de. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official Method of Analysis. 18th ed. Washington, DC, USA: AOAC, 2005.

BASSOLS, M. do C.; MOORE, J. N. ‘Ébano’: primeira cultivar de amora-preta sem espinhos lançada no Brasil. Pelotas: Embrapa-Uepae de Cascata, 16 p. (Documentos, 2). 1981.

BITTER, V.; MIRR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 34, n. 4, p. 330-334, 1962.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 1-25, Apr. 2003.

BOMFIM, Marinês Pereira et al . Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' com 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. spe1, Oct. 2011 .

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem Populacional. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: agosto. 2013.

CAMPAGNOLO, M.A; PIO, R. Produção da amoreira-preta 'Tupy' sob diferentes épocas de poda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, Feb. 2012.

CARVALHO, H.A.de; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B; MENEZES, J.B. Eficiência da concentração de cálcio e do tempo de imersão no tratamento pós-colheita de goiaba de polpa branca cv. Kumagai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das almas, v. 20, n. 3, p.375-381, 1998.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p
FERREIRA, D. F. **Sisvar. Versão 4. 6 (build 61) Software**. Lavras: Dex/UFLA, 2003.

FERREIRA, D. S., ROSSO, V.V; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 664-674, 2010.

FIGUEROA,C.R.; OPAZO,M.C.; VERA, P.; ARRIAGADA, O.; DÍAZ, M.; MOYA-LEÓN, M.A. Effect of postharvest treatment of

calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit. **Food Chemistry**, Washington, v.132, n. 4, p. 2014-2022, 2012.

GIUSTI, M. M e WROLSTAD, R. E. **Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy**. In Current Protocols in Food Analytical Chemistry, John Wiley & Sons, Inc.: 2001.

GUEDES, M.N.S.; ABREU, C.M.P de A.; MARO, L.A.C.; PIO, R.; ABREU, J.R de A.; OLIVEIRA, J.O de. Chemical characterization and mineral levels in the fruits of blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation. **Acta Scientiarum**, Maringá, 2013.

JHA, S. N.; MATSUOKA, T. Non-destructive techniques for quality evaluation of intact fruits and vegetables a review. **Food Science and Technology Research**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 284-285, 2002.

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**, Washington, v. 47, n.11, p. 4638-4644, 1999.

KAYS, J.S. Postharvest physiology of perishables plant products. **New York: AVI Book**, 1991. 543 p.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic- the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 7, p. 703-725, 2001.

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

- MARINOVA D, RIBANOVA F, ATANASSOVA M. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy**, Bulgaria, v.40, n.3, p. 255-260, 2005.
- McCREAD, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectin materials. **Analytical Chemistry**, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.
- McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Duke Street, v.27, p.1254-1255, 1992.
- MOTA, R. V. Caracterização do suco de amora-preta elaborado em extrator caseiro. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n.2, p. 303-308, 2006.
- MOTA, W.F. da; SALOMÃO, L.C.C.; PEREIRA, M.C.T.; CECON, P.R. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jaboticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.049-052, 2002.
- OLIVEIRA, F. E. da R. Qualidade de pêssegos ‘Diamante’ (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) submetidos ao 1- metilciclopropeno. 2005. 68 p. **Dissertação** (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; CLARK, J. R. Cultivars and storage temperature effects on the shelflife of blackberry fruit. **Fruit Varieties Journal**, University Park, v. 53, n. 4, p. 201-208, 1999.
- PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J.K.; CLARK, J.R. Air shipment of ‘Navaho’ blackberry fruit to Europe is feasible. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.1, p.132. 1997.

- POLING, E.B. Blackberries. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, Beltsville, v.14, n.1-2, p.38-69. 1996.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutos pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico 127** – EMBRAPA, 2007.
- SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A.Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.16, n.3, p.144-158, 1965.
- SPIERS, J.M.; MARSHALL, D.A.; SMITH, B.J.; BRASWELL, J.H. Method to determine chilling requirement in Blueberries. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 715, p. 105–110, 2004.
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 42 p.
- TOSUN, I.; USTUN, N. S.; TEKGULER, B. Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.1, p.87-90, 2008.
- WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science e Technology**, Amsterdam, v.16, p. 423–428, 2005.
- ZHUANG, X.P.; LU, Y.Y.; YANG, G.S. Extraction and determination of flavonoid in ginkgo. *Chinese Herbal Medicine*, n°23, p.122-124, 1992.

Tabela 1. Teores médios de perda de massa de frutos de amoreira-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias. UFLA, Lavras, 2013.

| Perda de massa (%) | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 2,66 a | 3,31 a | 3,09 a | 3,02 B |
| Caingangue | 3,01 b | 4,39 a | 3,51 a | 3,64 A |
| Guarani | 4,61 a | 2,83 b | 4,75 a | 4,06 A |
| Média | 3,42 a | 3,51 a | 3,78 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Teores médios de sólidos solúveis de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias. UFLA, Lavras, 2013.

| Sólidos solúveis (°Brix) | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 8,21 a | 8,01 b | 8,09 b | 8,10 C |
| Caingangue | 9,56 a | 9,06 b | 9,02 b | 9,21 A |
| Guarani | 8,58 b | 8,56 b | 8,88 a | 8,67 B |
| | 8,78 a | 8,54 c | 8,67 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Teores de acidez titulável (mg de ácido cítrico, 100g⁻¹) de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 dias, UFLA, Lavras, 2013.

| Acidez titulável (mg de ácido cítrico, 100g⁻¹) | | | | |
|--|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 1,26 a | 1,26 a | 1,22 b | 1,25 B |
| Caingangue | 1,06 c | 1,20 b | 1,32 a | 1,19 C |
| Guarani | 1,53 a | 1,49 a | 1,32 b | 1,45 A |
| | 1,28 b | 1,32 a | 1,29 b | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Teor de pectina solúvel de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Pectina solúvel (mg de ácido galacturônico, 100g⁻¹) | | | | |
|---|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/ Tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 364,15 a | 280,75 c | 348,99 b | 331,29 C |
| Caingangue | 358,76 b | 362,67 b | 402,54 a | 374,66 B |
| Guarani | 398,80 b | 440,92 a | 364,68 c | 401,47 A |
| | 373,90 a | 361,45 b | 372,07 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 5. Teor de Solubilização de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Solubilização (%solubilização) | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 36,55 a | 28,06 b | 35,30 a | 32,97 B |
| Caingangue | 32,65 c | 34,77 b | 37,65 a | 35,02 A |
| Guarani | 34,39 b | 34,26 b | 35,61 a | 34,75 A |
| | 34,20 b | 32,36 c | 36,18 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 6. Luminosidade (L*) de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Luminosidade(L*) | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 17,06 b | 16,42c | 17,37 a | 16,95 C |
| Caingangue | 18,61 c | 19,81 a | 19,07 b | 19,16 A |
| Guarani | 19,15 a | 17,94 c | 18,42 b | 18,50 B |
| | 18,27 a | 18,05 b | 18,29 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 7. Índice de Cromaticidade de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Cromaticidade (croma) | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 8,16 a | 7,93 b | 7,28 c | 7,79 A |
| Caingangue | 7,42 a | 7,51 a | 6,24 b | 7,06 C |
| Guarani | 7,16 b | 7,44 a | 7,19 b | 7,26 B |
| | 7,58 a | 7,63 a | 6,90 b | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 8. Ângulo hue de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Ângulo Hue (°Hue) | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/ Tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 343,86 a | 342,23 b | 341,39 c | 342,49 B |
| Caingangue | 347,21 a | 342,95 b | 340,10 c | 343,42A |
| Guarani | 341,41 b | 343,06 a | 341,26 b | 341,91 C |
| | 344,16 a | 342,75 b | 340,92 c | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 9 Teores de fenóis totais de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Fenóis totais (mg de ácido gálico, 100g⁻¹) | | | | |
|--|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/ tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 1485,86 a | 1487,15 a | 1422,20 b | 1465,0 C |
| Caingangue | 1482,99b | 1506,13 a | 1509,00 a | 1499,3 B |
| Guarani | 1535,93 a | 1524,53 b | 1512,65 c | 1524,3A |
| | 1501,59 a | 1505,94 a | 1481,28 b | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 10. Teores de Flavonóides de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Flavonóides (mg de catequina ,100g ⁻¹) | | | | |
|---|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares /tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 203,58 b | 228,28 a | 203,01 b | 211,62 B |
| Caingangue | 231,65 a | 210,29 c | 229,23 b | 223,72 A |
| Guarani | 232,84 a | 212,29 c | 224,10 b | 223,08 A |
| | 222,69 a | 216,95 c | 218,78 b | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 11. Teores de Antocianinas de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Antocianinas (mg de cianidina-3-glucoside,100g ⁻¹) | | | | |
|---|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares /tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 214,54 b | 205,65 c | 229,66 a | 216,62 B |
| Caingangue | 263,33 a | 232,13c | 253,44 b | 249,63A |
| Guarani | 230,19 c | 260,11b | 268,29 a | 252,86 A |
| | 236,63 b | 232,63 b | 250,46 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 12 Teores de ácido ascórbico de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013,

| Ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico,100g ⁻¹) | | | | |
|--|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 61,85 b | 60,39 c | 63,67 a | 61,97 C |
| Caingangue | 94,53 a | 89,81 c | 92,14 b | 92,12 A |
| Guarani | 83,63 b | 84,61 b | 92,92 a | 87,05 B |
| | 80,00 b | 78,27 c | 82,91 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade,

Tabela 13. Atividade antioxidante de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

| Atividade antioxidante (EC50) | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| Cultivares/tratamentos | Controle | CaCl₂ | 1-MCP | Média |
| Brazos | 2,28 b | 1,87c | 2,72 a | 2,29 A |
| Caingangue | 2,17 a | 2,19 a | 1,86 c | 2,07 B |
| Guarani | 2,32 b | 2,22c | 2,43 a | 2,32 A |
| | 2,26 b | 2,10 c | 2,34 a | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade

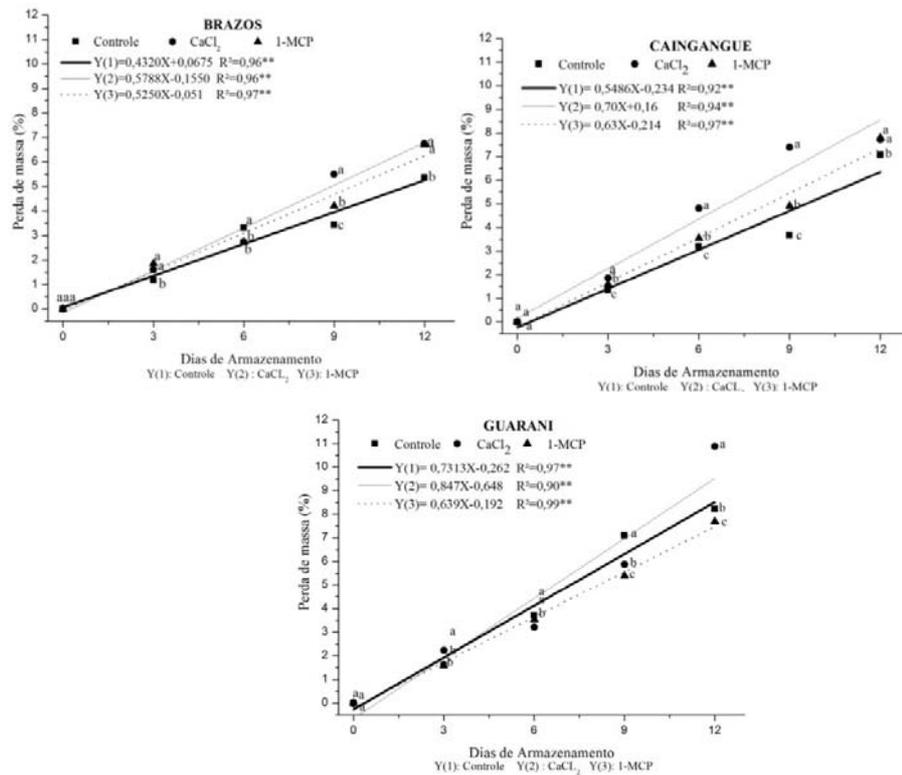


Figura 1. Teores de perda de massa de frutos de amoreira-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias, UFLA, Lavras, 2013.

Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

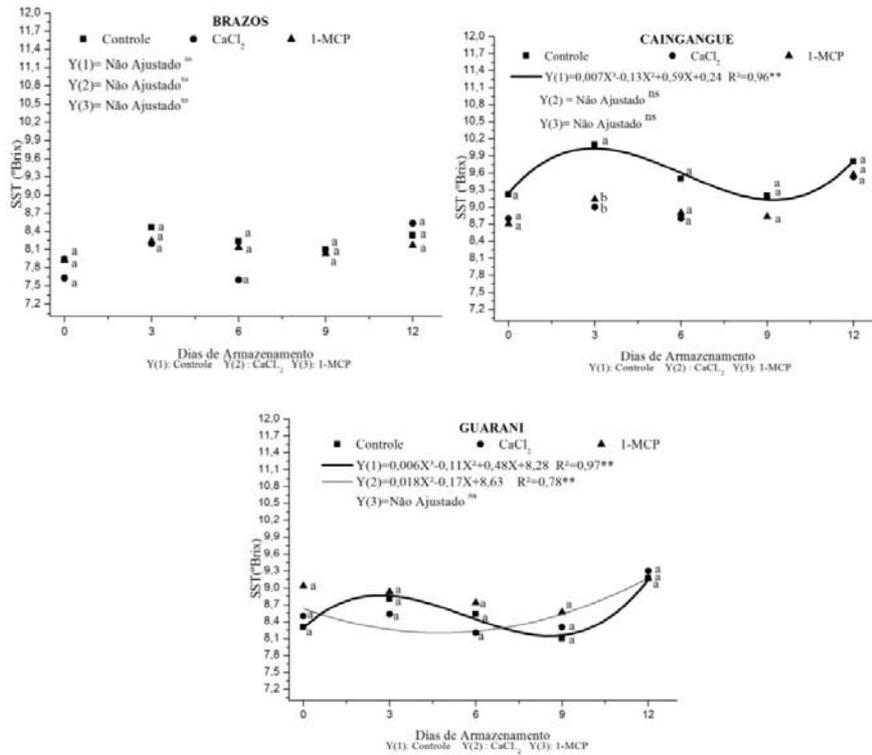
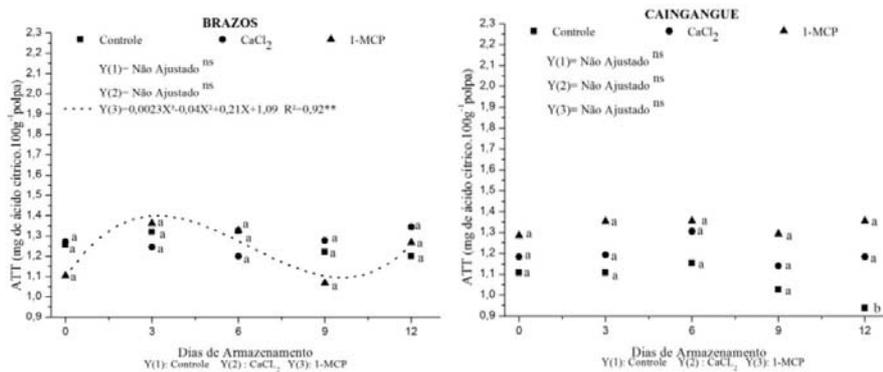


Figura 1. Teores de Sólidos solúveis - SS (°Brix) de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias, UFLA, Lavras,2013, UFLA, Lavras, 2013.

Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.



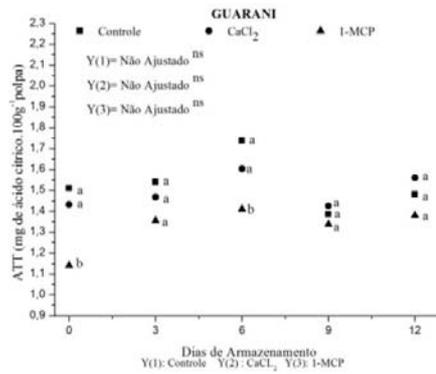


Figura 2. Teores de acidez titulável de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 dias, UFLA, Lavras, 2013. Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

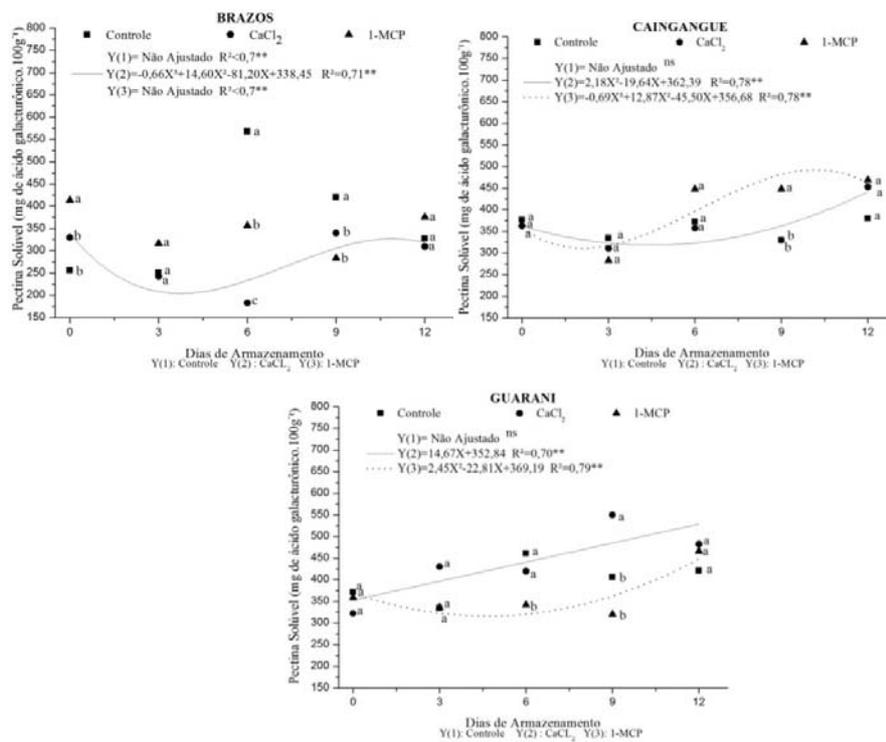


Figura 3. Teor de pectina solúvel de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.
Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

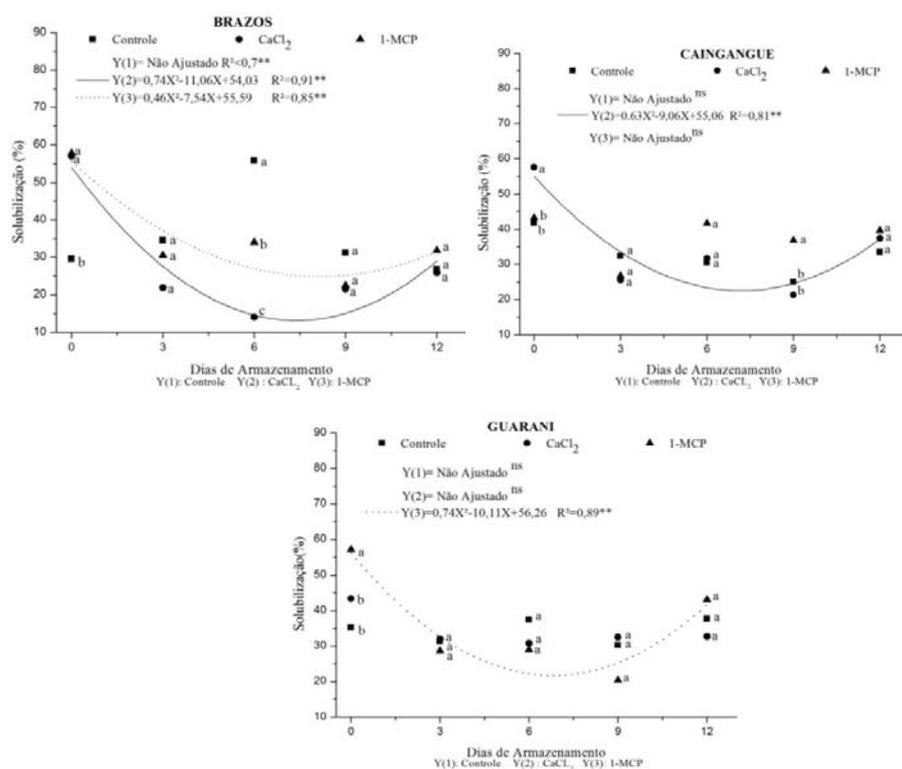


Figura 5. Percentagem de solubilização de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.
Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

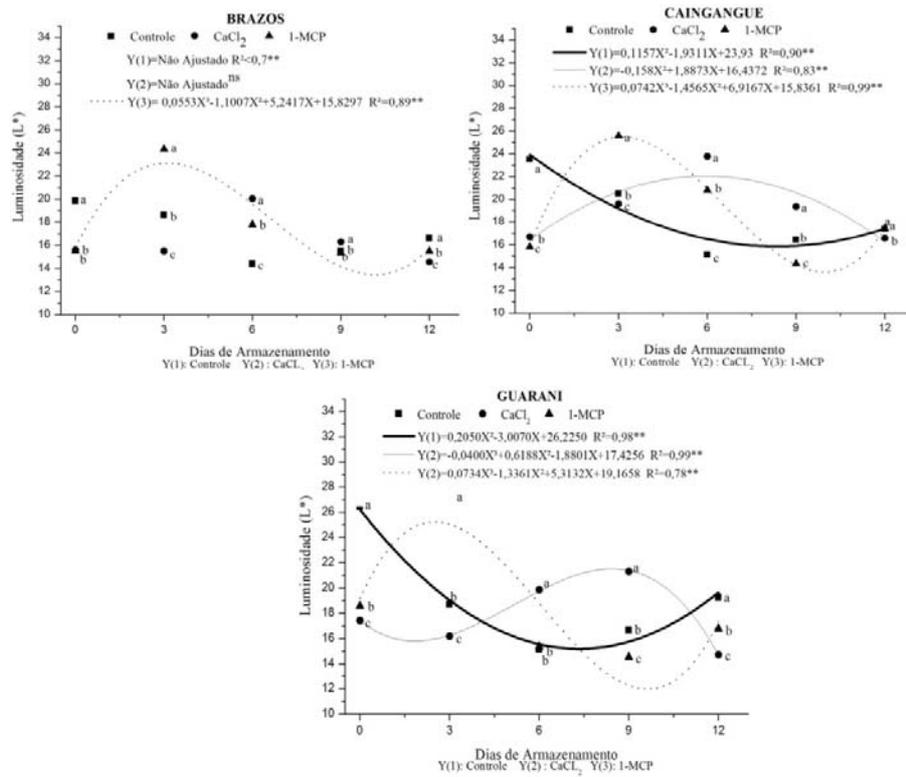
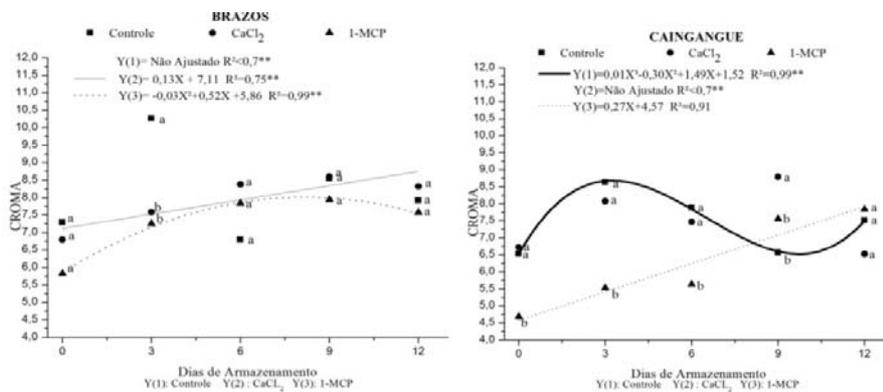


Figura 4. Luminosidade (L*) de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.
 Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.



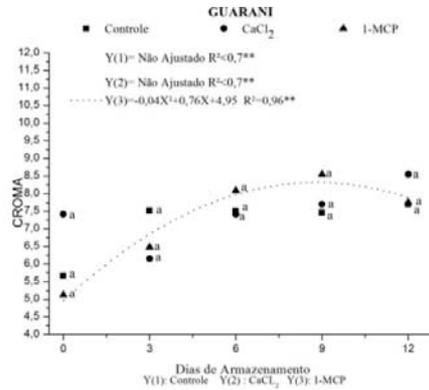


Figura 5. Índice de Cromaticidade de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013. Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

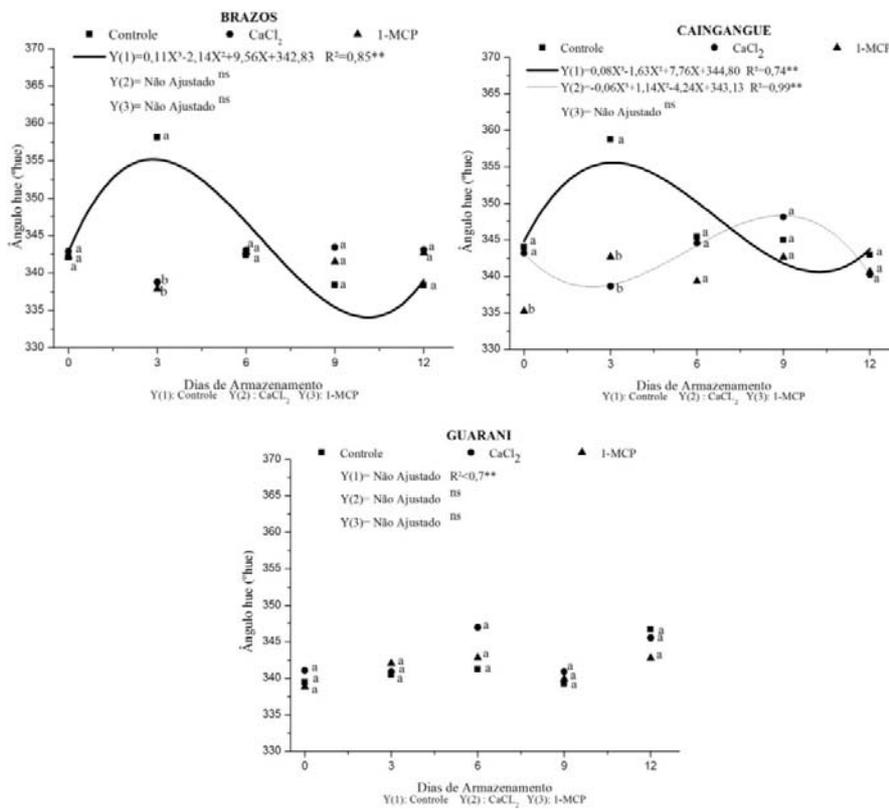


Figura 8. Ângulo hue ($^{\circ}$ hue) de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.
Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

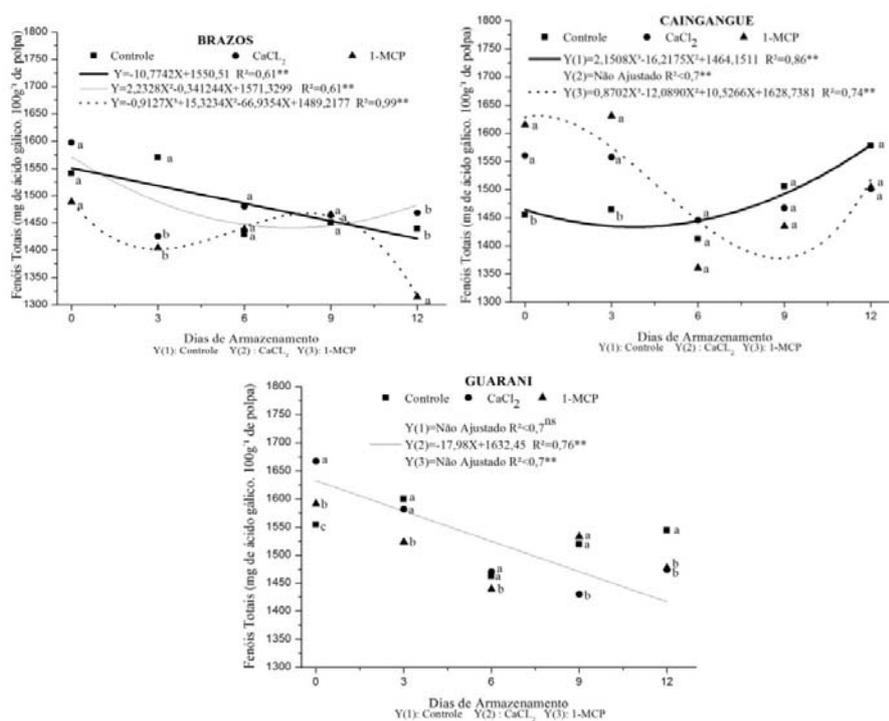


Figura 6. Teores de fenóis totais de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.
Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

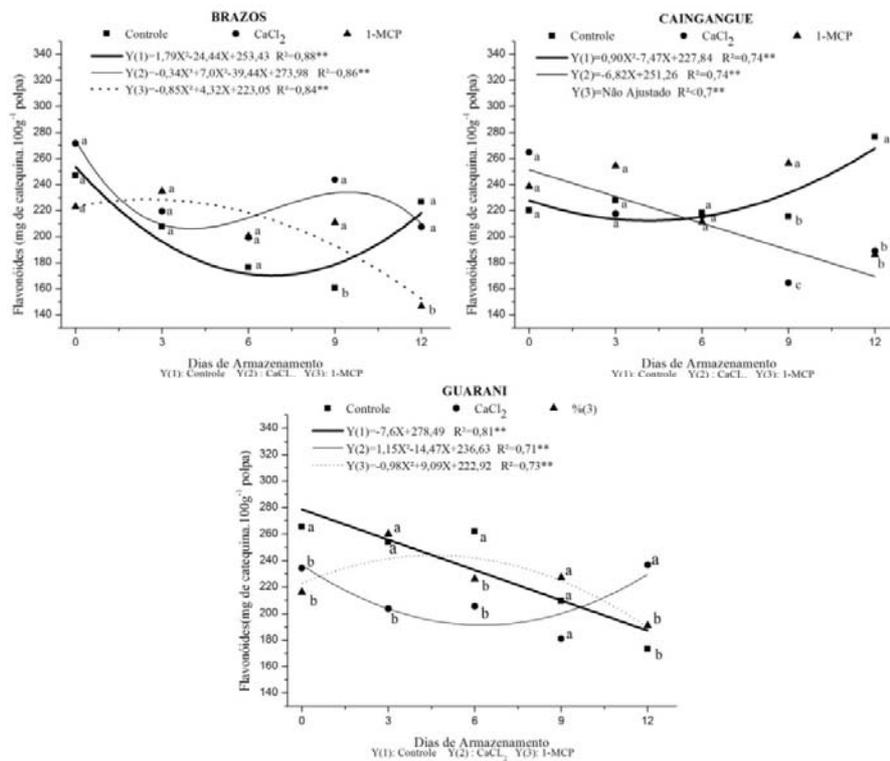


Figura 7. Teores de Flavonóides de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos, por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

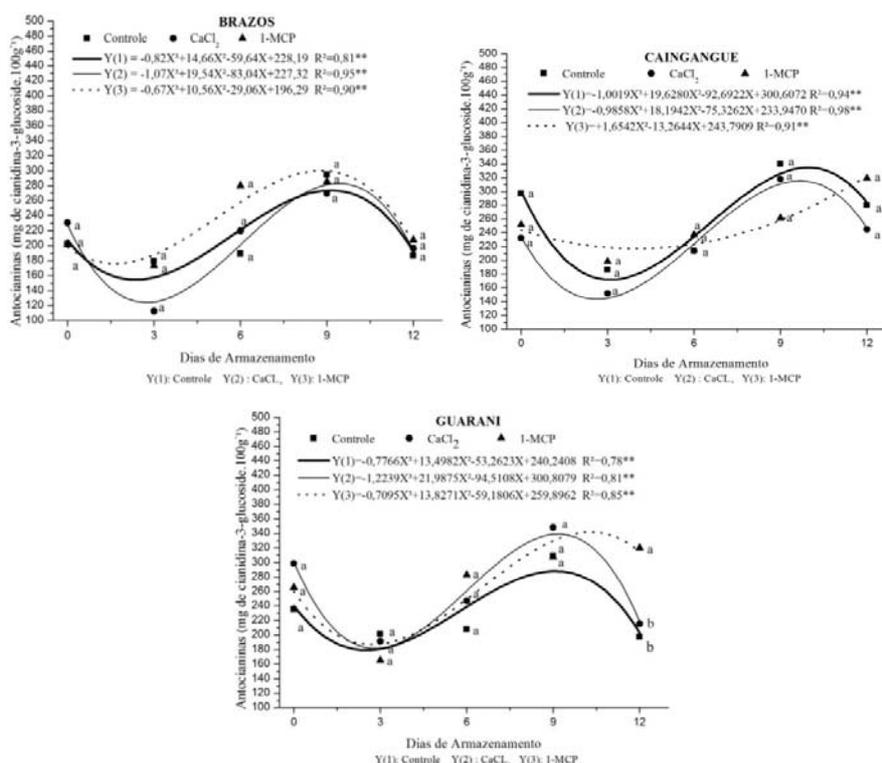


Figura 11. Teores de Antocianinas de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

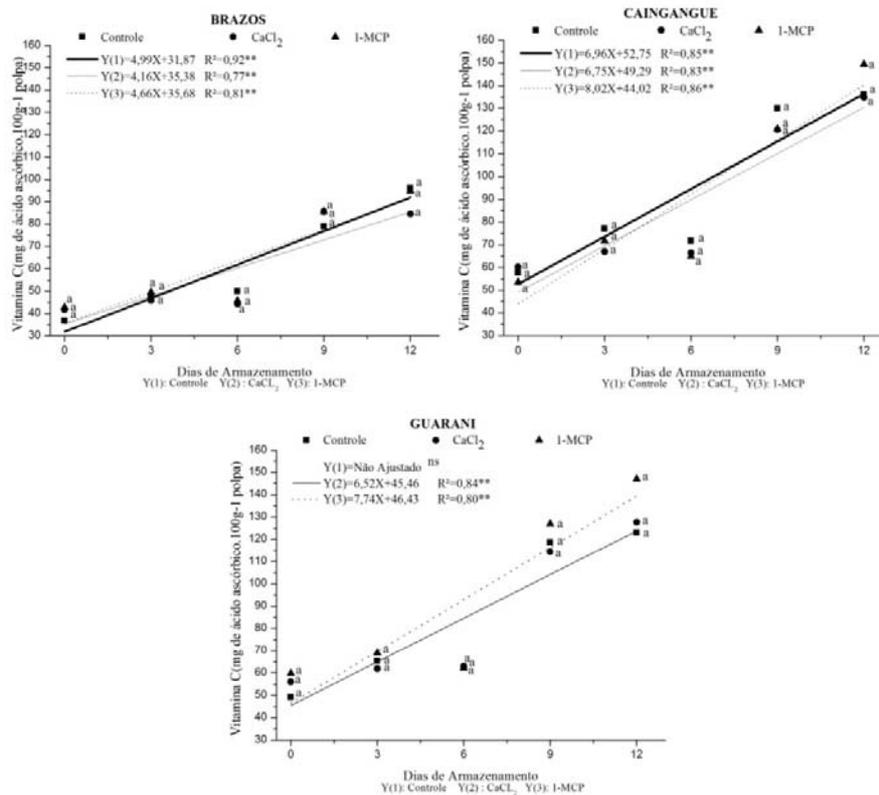


Figura 12. Teores de ácido ascórbico de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes tratamentos por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013.

Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

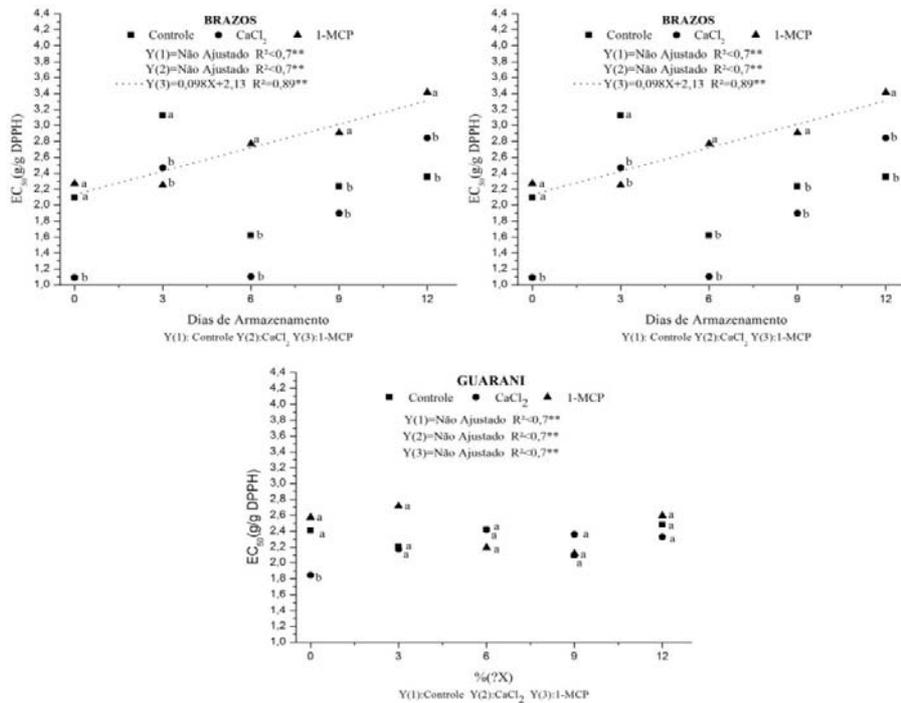


Figura 13. Teores de atividade antioxidante - EC₅₀ de frutos de amora-preta das cultivares Brazos, Caingangue e Guarani, submetidas aos diferentes por até 12 dias de armazenamento refrigerado, UFLA, Lavras, 2013. Médias seguidas da mesma letra em cada tempo não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados neste trabalho sugerem que os frutos de amoras, são ricas em antioxidantes e apresentam grande potencial para exploração tanto consumo *in natura* quanto uso agroindustrial, podendo também contribuir em proporções consideráveis com a ingestão dietética recomendada, sendo fonte variada e alternativa de nutrientes,

Foram observadas variações entre as cultivares de amora-preta produzidas no Sul de Minas quanto a qualidade dos frutos e os teores de minerais. Frutos das cultivares Choctaw e Xavante se destacaram com os maiores teores de minerais, Frutos da cultivar Caingangue registrou maior teor de sólidos solúveis e cultivar Ébano maior concentração de ácido ascórbico, frutos mais firmes e com coloração mais intensa, igualmente observado em frutos da cultivar Choctaw.

Frente à ação antioxidante exibida, os frutos de amora-preta e espécie de amora silvestre podem ser indicadas como boas fontes de antioxidantes naturais que podem ser mais efetivas e econômicas do que o uso de suplementos dietéticos na proteção do organismo contra os danos oxidativos, portanto, o seu consumo deve ser estimulado,

A espécie de amora silvestre, apresentada por frutos menores, caracterizada por apresentar maior conteúdo de fenóis totais e flavonóides em relação as cultivares de amora comerciais (amora-preta),

A cultivar ébano e espécie de amoreira silvestre, apresentaram características distintas, o que as fazem serem promissoras aos programas de melhoramento, que visem a obtenção de frutos de características similares aos seus progenitores, principalmente em relação aos compostos bioativos,

Quanto a conservação pós-colheita de frutos de amora, esta é favorecida pelo tratamento com 1-MCP favorecendo os teores de antocianinas e ácido

ascórbico, Já o a uso de CaCl_2 prolongam a vida útil dos frutos durante o armazenamento com melhores teores de flavonóides, fenóis totais e atividade antioxidante, Em relação aos frutos das três cultivares avaliadas, a 'guarani' se destacou em relação aos compostos bioativos, flavonóides, fenois totais e antocianinas; a cultivar caingangue apresentou maior atividade antioxidante e teores mais elevados de ácido ascórbico, enquanto a 'brazos' apresentou menor solubilização, isto é uma textura firme, que confere maior resistência ao transporte e armazenamento

A aparência externa dos frutos se apresentava com boas características de comercialização ao final do armazenamento,

ANEXOS

Anexo 1 Análise de variância para Fósforo(P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) de cultivares de amoreiras preta, Lavras, MG, 2013.

| FV | G,L | Quadrado Médio (QM) | | | | | | | |
|----------|-----|---------------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| | | P | K | Ca | Mg | Cu | Mn | Zn | Fe |
| Cultivar | 9 | 0,0000* | 0,0025* | 0,0000* | 0,0000* | 0,3741* | 49,5275* | 0,7631* | 648,4463 |
| Erro | 27 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0061 | 0,0860 | 0,0135 | 7,4716 |
| C,V (%) | | 8,43 | 12,42 | 11,07 | 15,6 | 7,33 | 3,34 | 4,87 | 11,19 |

*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Anexo 2 Análise de variância para Luminosidade (L*), os índices cromáticos a e b, Firmeza (N), Acidez Total (AT), Sólidos Solúveis (SS), pH, Vitamina C (VC) de cultivares de amoreiras preta, Lavras, MG, 2013.

| FV | G,L | Quadrado Médio (QM) | | | | | | | |
|----------|-----|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | | L* | A | b | N | ATT | SST | pH | VC |
| Cultivar | 9 | 2,7895* | 9,7744* | 2,0890* | 0,1026* | 0,8751* | 3,1413* | 0,0255* | 122,9298* |
| Erro | 27 | 0,8081 | 0,9907 | 0,2248 | 0,0001 | 0,0012 | 0,0706 | 0,0000 | 1,7874 |
| C,V (%) | | 5,07 | 10,65 | 11,07 | 2,78 | 2,07 | 3,81 | 1,36 | 2,87 |

*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Anexo 3 Análise de variância para umidade (U), cinzas(C), açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), pectina solúvel (PS), pectina total (PT) e porcentagem de solubilização (%S) em frutos de cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre, Lavras, 2013.

| FV | G,L | Quadrado Médio (QM) | | | | | | | |
|----------|-----|---------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|------------|----------|
| | | U | C | AT | AR | ANR | OS | PT | %S |
| Cultivar | 10 | 46,2651* | 0,6366* | 8,2659* | 1,6511* | 2,9783* | 22760,60* | 114515,17* | 46,2651* |
| Erro | 3 | 1,8080 | 0,0288 | 0,0103 | 0,0006 | 0,0120 | 388,4417 | 793,2484 | 1,8080 |
| C,V(%) | | 1,51 | 4,29 | 3,38 | 1,82 | 3,94 | 4,61 | 3,18 | 3,52 |

*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 4 Análise de variância para Fenóis Totais (FT), Flavonóides (FL), Antocianinas (AN), Licopeno (LI), B-caroteno (BC), Vitamina A (VA) e Vitamina C (VC) de cultivares de amoreira-preta e espécie de amoreira silvestre, Lavras, 2013,

| FV | G,L | Quadrado Médio (QM) | | | | | | |
|----------|-----|---------------------|------------|-----------|----------|-----------|---------|-----------|
| | | FT | FL | AN | LI | BC | VA | VC |
| Cultivar | 10 | 304204,58* | 2098,2895* | 84967,34* | 2373,67* | 46170,27* | 325,82* | 135,2026* |
| Erro | 3 | 145,22 | 0,9570 | 296,2551 | 4,1762 | 37,3629 | 0,2818 | 2,1244 |
| C,V(%) | | 2,59 | 1,05 | 4,53 | 4,54 | 5,43 | 5,61 | 3,18 |

*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 5 Análise de variância para Perda de massa (PM), Sólidos Solúveis (SS), Acidez Titulável (AT), Pectina Solúvel (PS), % Solubilização (%SO) Fenóis Totais (FT), Flavonóides (FL), cultivares de amoreira-preta, Lavras, 2013.

| FV | G,L | Quadrado Médio (QM) | | | | | | |
|-----------------|-----|---------------------|----------|---------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | PM | SS | AT | PS | %SO | FT | FL |
| Cultivar | 2 | 16,9411* | 18,4415* | 1,0612* | 75228,6252* | 74,7905* | 53176,3350* | 2780,4896* |
| Tratamento | 2 | 9,6948* | 0,8608* | 0,0213* | 2713,8889* | 218,8905* | 10390,3530* | 514,9452* |
| Tempo | 4 | 317,0901* | 2,5443* | 0,1128* | 48460,9651* | 2174,7884* | 88249,0455* | 9794,0298* |
| Cult*Trat*Tempo | 16 | 2,4604* | 0,0829* | 0,0140* | 19716,0019* | 282,6554* | 12543,8374* | 3401,2775* |
| Cult*Trat | 4 | 2,2595* | 0,9079* | 0,2887* | 38834,4543* | 139,6437* | 11983,3807* | 4263,5314* |
| Cult*Tempo | 8 | 4,3293* | 0,2169* | 0,0194* | 7330,9231* | 89,7188* | 14315,0884* | 1280,3241* |
| Trat*Tempo | 8 | 1,9865* | 0,3289* | 0,0368* | 23126,1952* | 501,0527* | 13388,1514* | 5014,8602* |
| Erro | 135 | 2,8597 | 0,0597* | 0,0038 | 121,9597 | 2,4587 | 217,95 | 12,4802 |
| C,V(%) | | 4,06 | 2,82 | 4,75 | 2,99 | 4,58 | 0,99 | 1,61 |

*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 6 Análise de variância para Antocianinas(AN) Luminosidade (L*), Cromo (Cr), Hue (°H), Atividade Antioxidante (AA) e Vitamina C (VC) de cultivares de amoreira-preta, Lavras, 2013.

| FV | G,L | Quadrado Médio (QM) | | | | | |
|------------------|-----|---------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------|
| | | NA | L* | Cr | °H | AA | VC |
| Cultivar | 2 | 24139,1813* | 77,2660* | 8,4523* | 34,8175* | 109,9812* | 15664,3848* |
| Tratamento | 2 | 5381,5893* | 1,0242* | 9,8334* | 158,7832* | 89,2911* | 329,7017* |
| Tempo | 4 | 77657,8682* | 424,9702* | 16,4102* | 52,1094* | 118,5611* | 37673,8262* |
| Cult*Trat*Tempo | 16 | 2448,2074* | 9,0025* | 2,5532* | 48,8335* | 77,5893* | 59,2399* |
| Cult*Trat | 4 | 5347,3640* | 9,2436* | 2,4204* | 74,4070* | 179,3462* | 178,3530* |
| Cult*Tempo | 8 | 3776,5494* | 7,9388* | 1,6279* | 57,6493* | 89,7014* | 688,9171* |
| Tratamento*Tempo | 8 | 7665,5494* | 24,1950* | 5,2306* | 142,3046* | 29,5377* | 174,2266* |
| Erro | 135 | 125,7766* | 0,1795 | 0,0624 | 1,2139 | 1,1912 | 3,6011 |
| C,V(%) | | 4,68 | 2,33 | 3,39 | 0,32 | 4,89 | 2,36 |

*significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F .