



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

IBRAR HUSSAIN

**COMPORTAMENTO FENOLÓGICO E PRODUTIVO DE
CULTIVARES DE AMORA-PRETA (*Rubus* sp.) EM REGIÃO
SUBTROPICAL**

Londrina
2015

IBRAR HUSSAIN

**COMPORTAMENTO FENOLÓGICO E PRODUTIVO DE
CULTIVARES DE AMORA-PRETA (*Rubus* sp.) EM REGIÃO
SUBTROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia, da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Ruffo Roberto
Co-orientadora: Profa. Dra. Adriane marinho de Assis

Londrina
2015

**Catlogação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

H972c Hussain, Ibrar.

Comportamento fenológico e produtivo de cultivares de amora-preta (*Rubus* sp.) em região subtropical / Ibrar Hussain. – Londrina, 2015.
74 f. : il.

Orientador: Sérgio Ruffo Roberto.

Coorientador: Adriane Marinho de Assis.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Amora-preta – Cultivo – Teses. 2. Amora-preta – Fenologia – Teses. 3. Amora-preta – Produção – Teses. 4. Amoreira – Teses. I. Roberto, Sérgio Ruffo. II. Assis, Adriane Marinho de. III. Universidade de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 634.38

IBRAR HUSSAIN

**COMPORTAMENTO FENOLÓGICO E PRODUTIVO DE CULTIVARES
DE AMORA-PRETA (*Rubus* sp.) EM REGIÃO SUBTROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia, da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Ruffo Roberto
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Alessandro Jefferson Sato –
Universidade Federal do Paraná - UFPR

Prof. Dr. Rogério de Sá Borges
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Profa. Dra. Inês Cristina de Batista Fonesca -
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Fábio Yamashita
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Luís Eduardo Corrêa Antunes -
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Prof. Dr. Leandro Simões Azerdo Gonçalves
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 20 de julho de 2015.

DEDICA

Este trabalho é dedicado à minha mãe Asia (in memoriam), quem uma vez disse: *“Ibrar, talvez eu não possa vê-lo no momento da conclusão do seu Doutorado, mas nesse dia as pessoas vão dizer que você é meu filho!”*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Ruffo Roberto, pela oportunidade, paciência e orientação neste trabalho.

À Prof^ª. Dra. Adriane Marinho de Assis, pela orientação, amizade, apoio e carinho. A ela devo respeito e a profissional que sou hoje.

Os professores da Língua Portuguesa Mariana Killner e Rodrigo Munhoz, que me ensinou a nova língua e deu uma boa arma para combater na vida cotidiana e escrever e apresentar este trabalho em Português.

Aos colegas do Laboratório de Análise de Frutas da Universidade Estadual de Londrina, Lilian Yukari Yamamoto, Renata Koyama, Wellington Fernando Silva Borges, pelos ensinamentos, ajuda na condução do experimento, amizade e jantares, que em muito colaboraram nos momentos sérios e descontraídos deste trabalho.

Aos amigos Paquistaneses que estudam na Universidade Estadual de Londrina, Shahzad Akbar, Muhammad Shahab, Saeed Ahmed e Almazeb Khan por dividirem momentos de alegria e colaboraram nos momentos sérios e descontraídos deste trabalho.

À Prof^ª. Dra. Carmen Silvia Janeiro Neves, ao Prof. Dr. Claudemir Zucarelli e à Prof^ª. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca, por todos os ensinamentos que contribuíram para a minha formação.

Aos demais professores do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, pelos ensinamentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, em especial, à secretária Weda Aparecida Westin, por todo suporte durante o curso.

Aos membros da comissão examinadora, pela disponibilidade e contribuição desprendida ao trabalho.

Ao CNPq e TWAS pela concessão da bolsa de Doutorado.

HUSSAIN, Ibrar. **Comportamento fenológico e produtivo de cultivares de amora-preta (*Rubus* sp.) em região subtropical**. 2015. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

O cultivo da amora-preta (*Rubus* sp.) tem despertado o interesse de muitos produtores do mundo, como as plantas entram em produção em um ano após o plantio, e a demanda para as indústrias também aumentaram. No entanto, o cultivo desta árvore frutífera em condições subtropicais, com inverno ameno ainda é desconhecido. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de cultivares de amora. Tupy e Xavante cresceram em uma área subtropical. O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil, durante duas épocas consecutivas, de 2013 e 2014. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco repetições, sendo cada parcela composta por cinco plantas de cada cultivo. Foi avaliada, através de observações visuais, a duração em dias de cada estágio fenológico de duas cultivares, da seguinte forma: início da brotação lateral; começar a floração; início da maturação dos frutos; início da colheita; final da floração; e no final da colheita. Também foi avaliada a duração em dias das seguintes fases de desenvolvimento de fruto: gemas dormentes; brotação; botão de flor; metade flor aberta; cheia de flores abertas; baga verdes; início de maturação da baga-de-rosa; amadurecimento baga-de-rosa; e baga madura. Também foram avaliadas as características físico-químicas de produção, tais como comprimento, diâmetro, peso, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST / AT, pH, cor, antocianinas totais e concentração de polifenóis de bagas e de rendimento. O desenvolvimento fenológico da 'Tupy' e período de brotação lateral, florescimento e colheita de frutas amoras 'Xavante', foram diretamente influenciados por condições de inverno. Na estação 2013, 'Tupy' teve início relativamente tardio do ciclo de crescimento do que 'Xavante', mas ambos acabaram a colheita dos frutos ao mesmo tempo no início do verão. Na estação 2014, 'Xavante' manteve a característica de precocidade, e 'Tupy' também retomou o ciclo de crescimento comparativamente mais cedo à temporada passada. A duração do desenvolvimento do fruto foi bastante semelhante para ambas as cultivares. Devido às condições subtropicais, propõe-se a possibilidade de crescer amoras sob duas colheitas por ano, para otimizar o sistema de produção. Em relação às características físico-químicas dos cultivares, 'Xavante' apresentaram médias mais baixas do que 'Tupy', especialmente rendimento, mas apresentou boas características químicas (SST e pH) e acumulação de rendimento por cento mais cedo. Frutas produzidas 'Tupy' de tamanho grande, com ótima TSS e pH, tinha uma cor atraente, e obteve alto rendimento e acumulação de rendimento por cento maior em direção ao fim da época de colheita. A produção dessas cultivares em condições subtropicais pode ser uma boa opção para os produtores a produzir comercialmente frutos para consumo in natura e industrialmente processados devido ao bom rendimento e atributos de qualidade ideais.

Palavras-chave: *Rubus* sp. Necessidades de Frio. Desenvolvimento de Druplets. Condição crescente. Características agrônômicas. Rendimento das colheitas.

HUSSAIN, Ibrar. **Phenological and productive behavior of blackberry cvs (Rubus sp.) in subtropical region.** 2015. 74 p. Thesis (PhD in Agronomy) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

The cultivation of blackberry (*Rubus* sp.) has aroused the interest of many producers in the world, as the plants come into production in a year after planting, and the demand for fresh and processed industries also increased. However, the cultivation of this fruit tree under subtropical conditions with mild winter is still unknown. The objective of the work was to evaluate the performance of blackberry cvs. Tupy and Xavante grown in subtropical area. The experiment was conducted at Experimental Station of Londrina State University, PR, Brazil, during two consecutive seasons, 2013 and 2014. The experimental design was a randomized complete block, with five replications, and each plot was composed of five plants of each cultivar. It was evaluated, through visual observations, the duration in days of each phenological stage of both cultivars, as follows: start of bud sprouting; start of flowering; start of fruit maturation; start of fruit harvest; end of flowering; and end of harvest. It was also evaluated the duration in days of the following fruit development stages: dormant buds; bud burst; flower bud; half open flower; full open flower; unripe green berry; early ripening pink berry; ripening pink berry; and ripe berry. The physicochemical characteristics of production such as length, diameter, weight, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA ratio, pH, color, total anthocyanins and polyphenols concentration of berries, and yield were also evaluated. The phenological development of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries were directly influenced by winter conditions, influencing bud sprouting, flowering and fruit harvesting period. In 2013 season, 'Tupy' had comparatively late start of growth cycle than 'Xavante' but both ended fruit harvest at same time in early summer. In 2014 season, 'Xavante' maintained the characteristic of earliness, and 'Tupy' also resumed growth cycle comparatively earlier to last season. The fruit development duration was quite similar for both cultivars. Due the subtropical conditions, it is proposed the possibility to grow blackberries under two crops a year to optimize the system of production. Regarding physicochemical characteristics of cultivars, 'Xavante' presented lower means than 'Tupy', especially yield, but presented good chemical characteristics (TSS and pH) and early percent yield accumulation. 'Tupy' produced fruits of large size with optimum TSS and pH, had an attractive color, and obtained high yield and higher percent yield accumulation towards end of harvest season. The production of these cultivars in subtropical conditions can be a good choice for growers to commercially produce fruits for fresh consumption and processed industry due to good yield and optimum quality attributes.

Keywords: *Rubus* sp. Chilling requirement. Druplets development. Growing condition. Agronomic characteristics. Crop yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2.1 - Amoras-preta cvs.Tupy (A) e Xavante (B).....	18
Figure 3.3.1 - Blackberry nursery tree.	33
Figure 3.3.2 - Establishment of blackberry experimental orchard.	34
Figure 3.3.3 - Double cordon system for training blackberry trees.....	34
Figure 3.3.4 - Blackberry trees after pruning at late winter.	35
Figure 3.3.5 - Identification of representative blackberry branches for phenological evaluation	35
Figure 3.3.6 - Phenological stages of blackberry fruit development.....	37
Figure 3.3.7 - Automatic micrometeorological station iMetos®.....	38
Figure 3.4.1 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv. Tupy, season 2013.	40
Figure 3.4.2 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv. Xavante, season 2013.....	41
Figure 3.4.3 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv.Tupy, season 2014	42
Figure 3.4.4 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv.Xavante, season 2014	43
Figure 4.4.1 - Percentage distribution of cumulative yield of blackberry cvs.Tupy and Xavante.Season 2013. Londrina, PR, 2015.	61
Figure 4.4.2 - Percentage distribution of cumulative yield of blackberry cvs.Tupy and Xavante.Season 2014. Londrina, PR, 2015.	62

LISTA DE TABELAS

Table 3.4.1 -	Accumulated chilling hours and thermal demand in degree-days of blackberry cvs. Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015	39
Table 3.4.2 -	Phenological stages duration in days of blackberry fruit development cvs. Tupy and Xavante, Londrina, PR, 2015.....	44
Table 4.4.1 -	Means of fruit length, diameter and weight of blackberry cvs.Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.	56
Table 4.4.2 -	Means of total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA and pH of blackberry cvs.Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.	57
Table 4.4.3 -	Means of brightness (L^*), saturation (C^*) and hue angle (h°) of blackberry cvs.Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.	58
Table 4.4.4 -	Means of total anthocyanins and polyphenols of blackberry cvs.Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.	59
Table 4.4.5 -	Means of production per plant and yield of blackberry cvs.Tupy and Xavante. Seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	A PRODUÇÃO DE PEQUENOS FRUTOS	13
2.2	A AMOREIRA-PRETA	15
2.3	FENOLOGIA E EXIGÊNCIA TERMICA	19
2.4	COMPOSTOS FENÓLICOS	22
	REFERÊNCIAS	24
3	ARTIGO A: PHENOLOGY OF BLACKBERRY CVS. TUPY AND XAVANTE GROWN IN SUBTROPICAL AREA	30
3.1	ABSTRACT	30
3.2	INTRODUCTION	31
3.3	MATERIAL AND METHODS.....	32
3.4	RESULTS AND DISCUSSION.....	39
3.5	ACKNOWLEDGMENT	46
3.6	REFERENCES	46
4	ARTIGO B: PERFORMANCE OF BLACKBERRY CVS. TUPY AND XAVANTE UNDER SUBTROPICAL CONDITIONS.	51
4.1	ABSTRACT	51
4.2	INTRODUCTION	52
4.3	MATERIAL AND METHODS.....	53
4.4	RESULTS AND DISCUSSION.....	55
4.5	ACKNOWLEDGMENT	64
4.6	REFERENCES	64
	ANEXOS	68
ANNEX A -	Daily precipitation (mm) and relative humidity (%) during blackberry production. Season 2013. Londrina, PR, 2015.....	69

ANNEX B -	Daily precipitation (mm) and relative humidity (%) during blackberry production. Season 2014. Londrina, PR, 2015.....	70
ANNEX C -	Maximum, average and minimum daily temperature (°C) during blackberry production. Season 2013. Londrina, PR, 2015.....	71
ANNEX D -	Maximum, average and minimum daily temperature (°C) during blackberry production. Season 2014. Londrina, PR, 2015.....	72
ANNEX E -	Daily solar radiation ($W.m^{-2}$) during blackberry production. Season 2013. Londrina, PR, 2015.....	73
ANNEX F -	Daily solar radiation ($W.m^{-2}$) during blackberry production. Season 2014.Londrina, PR, 2015.....	74

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira é uma atividade de relevância sócio-econômica, destacando-se pela geração de empregos e por ser uma alternativa de renda nas pequenas propriedades rurais (ANTUNES; RASEIRA, 2004). A fruticultura está presente em todos os estados brasileiros e, como atividade econômica, envolve mais de cinco milhões de pessoas que trabalham de forma direta e indireta no setor (FACHINELLO et al., 2011).

No mapa do agronegócio global, a importância do Brasil é inquestionável, e nesse segmento da economia a fruticultura se destaca. Este setor tem garantido colheita superior a 40 milhões de toneladas de frutas frescas desde 2004. O resultado confere país o posto de terceiro maior produtor mundial de frutas, sendo a China e a Índia o primeiro e segundo maiores produtores, respectivamente (BELING, 2014).

As plantas frutíferas brasileiras são cultivadas em todo o território nacional. Em quantidades e em variedades diferentes, as frutas estão presentes em todas as 27 unidades federativas. O estado de São Paulo é o maior produtor de frutas frescas do Brasil, ofertando mais de 40% do total nacional, seguido pela Bahia, Minas Gerais e Rio Grande de Sul. O estado do Paraná destaca-se sétima posição nacional. A área plantada com plantas frutíferas no Brasil está distribuída em 1.034.708 ha com frutas tropicais, 928.552 ha com frutas subtropicais e 151.732 ha com espécies de clima temperado (BELING, 2014).

As fruteiras de clima temperado estão distribuídas em 11 dos 26 estados brasileiros. O Rio Grande do Sul responde por aproximadamente 49,3% do total produzido no país, seguido de Santa Catarina (23,2%), São Paulo (10,3%), Paraná (6,2%), Pernambuco (5,3%), Bahia (3,0%) e Minas Gerais (1,8%). Além desses, as fruteiras de clima temperado estão presentes no Estado do Rio de Janeiro, Paraíba, Mato Grosso e Goiás (FACHINELLO et al., 2011). Dentre as espécies de clima temperado com boas perspectivas de cultivo, principalmente em áreas de agricultura familiar, destacam-se os pequenos frutos, como a amoreira-preta (*Rubus* spp.), seja pela demanda intensiva de mão-de-obra e baixo índice de mecanização ou por suas propriedades nutracêuticas e inúmeras possibilidades de processamento na indústria (RASEIRA et al., 2004; PIO, 2008).

A designação “pequenas frutas” (ou “small fruits”) é utilizada na literatura internacional para referenciar diversas culturas, como a do morangueiro, amoreira-preta, framboeseira, groselheira, mirtilheiro, entre outras. A fruta de amoreira-preta difere da fruta de framboeseira pelo fato do receptáculo permanecer na haste da framboesa no momento da colheita, formando uma baga oca, enquanto na amora-preta o receptáculo permanece no fruto (DICKERSON, 2000).

A amora-preta tornou-se uma fruta comum nos mercados, particularmente na América do Norte e Europa. Ela é bem aceita devido a uma combinação de fatores, tais como variedades melhoradas, mercado em expansão, disponibilidade e por ser uma fruta fresca (CLARK; FINN, 2014)

O Brasil é privilegiado pela biodiversidade da sua flora onde as condições edafoclimáticas favorecem o cultivo de centenas de plantas frutíferas de clima temperado, inclusive amoreira-preta (LORENZI et al., 2006). A incorporação de frutas e hortaliças na dieta alimentar está em ascensão nos últimos anos, decorrente da busca por uma alimentação saudável. Devido aos inúmeros relatos de seus benefícios à saúde, a amoreira-preta tem despertado o interesse da comunidade científica por seus frutos possuírem quantidades expressivas de compostos fenólicos e carotenóides, que podem auxiliar no combate à doenças degenerativas. Além desses compostos, destacam-se os pigmentos naturais, principalmente as antocianinas, que conferem cor adequada para o processamento de seus frutos, os quais são utilizados na confecção de produtos lácteos, geleias e doces em calda (CURI, 2012). O conteúdo de vitaminas na amora-preta (vitamina A, com 200 UI; B1, com 30 mcg; B2, com 58 mcg; B3, com 0,43 mg e apenas 22 mg de vitamina C) a torna um fruto com alto valor medicinal (DONADIO, 2014).

Os cultivos de amoreira-preta no Brasil se iniciaram com o lançamento das primeiras cultivares (Negrita, Ébano, BRS Tupy, Guarani e Caingangue), pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Clima Temperado, RS. Essas cultivares são dotadas de espinhos, o que dificulta as operações de poda e colheita. Uma opção é o cultivo de cultivares adequadas à colheita mecânica, como a Cherokee e Comanche ou sem espinhos, como a Ébano e Xavante (RASEIRA; FRANZON, 2012).

Como no Brasil estas plantas frutíferas vêm despertando o interesse dos produtores, é fundamental a realização de estudos fenológicos e produtivos para a introdução de novas cultivares, os quais permitem a caracterização da duração

das fases de desenvolvimento da planta em relação ao clima, especialmente às variações estacionais e a interpretação de como as diferentes condições climáticas podem interferir no desenvolvimento das plantas (TERRA et al., 1998; ANTUNES et al., 2008; SATO et al., 2008).

No Paraná, a diversidade edafoclimática possibilita o cultivo de várias espécies frutíferas (KISHINO et al., 2007). No entanto, não existem informações a respeito do desempenho fenológico e produtivo de amoreiras-preta nas condições subtropicais do norte do Estado, evidenciando a necessidade de pesquisas, principalmente com cultivares de baixa exigência em frio, no intuito de fornecer subsídios para a determinação das cultivares mais adaptadas e das técnicas de manejo a serem adotadas, aumentando a possibilidade de sucesso na exploração desta espécie.

O objetivo desse trabalho foi avaliar as características fenológicas e produtivas das amoreiras-pretas 'Tupy' e 'Xavante', bem como as características físicas e químicas de seus frutos produzidos em região subtropical do Paraná.

Foram estudadas as características fenológicas, demanda térmica, horas de frio acumulados, características físico-químicas dos frutos, concentrações de antocianinas e polifenóis totais, e características produtivas. A tese é apresentada na forma de artigos científicos, a saber:

Artigo A: Phenology of blackberry cvs. Tupy and Xavante grown in subtropical area

Artigo B: Performance of blackberry cvs. Tupy and Xavante under subtropical conditions.

Antecedendo a apresentação dos referidos trabalhos, encontram-se os capítulos Introdução e Revisão de Literatura, de caráter geral.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO DE PEQUENOS FRUTOS

O aumento do poder aquisitivo e a mudança no hábito alimentar da população brasileira nos últimos anos tem aumentado a demanda da produção de frutas frescas. No entanto, a produção nacional das principais espécies frutíferas de clima temperado é insuficiente para atender o mercado interno, sendo realizadas importações de frutas que podem ser produzidas no Brasil. Tal situação propicia possibilidades de expansão do mercado para a produção de frutas frescas e industrializadas no Brasil, particularmente nas regiões que apresentam condições climáticas favoráveis, como os Estados do Sul, São Paulo e Sul de Minas Gerais (ANTUNES, 2002).

Dentre as várias opções de espécies frutíferas com boas perspectivas de cultivo e comercialização, têm-se os pequenos frutos, como a amoreira-preta. A produção dessas plantas é ideal para a agricultura familiar, em função do uso intensivo de mão-de-obra em pequenas áreas de cultivo, baixo índice de mecanização e colheita de forma escalonada. Além disso, oferecem inúmeras oportunidades para indústria caseira no preparo de geleias, sucos, doces em pasta ou cristalizados, tortas, bolos e outros produtos em escala industrial como polpas, frutos congelados, iogurte, sorvetes, entre outros (ANTUNES, 2002; PIO, 2008; SOUZA, 2008).

Atualmente, estima-se que a área mundial total é de aproximadamente 25.000 ha plantados de amora-preta, sendo que no México cultiva-se entre 6.500 a 8.000 ha da cv. Tupy, principalmente para exportação (CLARK; FINN, 2014). A Europa contribui com 7.500 ha cultivados, e a Sérvia é responsável por 69% da área europeia, seguida pela Hungria (1.600 ha), Reino Unido, Romênia, Polônia, Alemanha e Croácia. Na América do Sul são 1.600 ha cultivados, sendo o Chile o maior produtor e exportador. Na Ásia, a China possui 1.550 ha de cultivo com 26.350 toneladas (STRIK, 2008).

No Brasil, a principal área de produção é o Rio Grande do Sul; porém, outras regiões, como Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Paraná têm alto potencial para o cultivo de amoreira-preta (ANTUNES, 2002; VILLA et al., 2003). Atualmente, estima-se que no Rio Grande do Sul sejam produzidas 2.209 toneladas

em 239 ha, destacando-se os municípios de Campestre da Serra e Vacaria, com áreas de 80 e 78 ha, respectivamente. Em Santa Catarina, o cultivo de amora-preta ocupa área de aproximadamente 10 ha. No Paraná, estima-se uma produção de 173 toneladas, em área de 22 ha. Em São Paulo, os últimos levantamentos sobre o cultivo de amora-preta na safra de 2007/2008, indicam área de 213 ha. Em Minas Gerais, estima-se que foram produzidas nos últimos anos cerca de 320 toneladas em 40 hectares. No Espírito Santo, as áreas de produção são restritas a regiões de altitude elevada, contabilizando aproximadamente 3 ha (ANTUNES et al., 2014).

Em algumas regiões subtropicais, dotadas de pouco frio hibernal, como a Serra da Mantiqueira (Campos do Jordão, SP) e o Sul de Minas Gerais (Gonçalves, MG), estas plantas frutíferas apresentam boa adaptação, indicando boas perspectivas da cultura, bem como a necessidade de trabalhos de introdução e avaliação de cultivares (PIO, 2008).

No Brasil, a procura e o consumo destas frutas têm aumentado em função do seu potencial nutracêutico, como as propriedades antioxidantes e anticancerígenas (SILVA, 2007). No entanto, o número de produtores é ainda restrito, devido, principalmente, à falta de divulgação, reduzido volume de pesquisas existentes, falta de hábito do consumidor, uso inadequado de cultivares a um segmento específico de mercado (consumo em fresco e industrialização), uso de cultivares não adaptadas às condições climáticas, manejo inadequado de colheita e falta de conhecimento da fisiologia do fruto na pós-colheita (PIO, 2008).

O principal mercado dessas frutas no Brasil é a agroindústria; porém, o Chile é responsável por abastecer 90% do volume no país, sendo o preço da fruta chilena mais competitivo e a escala de produção maior, garantindo a constância e volume ofertado (SILVA, 2007).

O maior mercado consumidor de pequenos frutos em fresco do país é São Paulo, e o local onde se encontram o maior número de atacadistas dessas frutas é o Entrepasto Terminal de São Paulo (ETSP) da Companhia de Entrepastos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) (SILVA, 2007).

2.2 A AMOREIRA-PRETA

Antigamente, a amoreira-preta (*Rubus* sp.) era considerada uma planta silvestre, mas na história recente sua domesticação tornou-se importante nos Estados Unidos e em outros países do mundo (CLARK; FINN, 2014).

É originária da Europa, América do Norte e América do Sul, sendo pertencente à família Rosaceae, gênero *Rubus* e ao subgênero *Eubatus* (RIEGER, 2006), e segundo Ying et al. (1990), contém aproximadamente 740 espécies, divididas em 12 subgêneros (JENNINGS, 1988 citado por DAUBENY, 1996). No Brasil também são encontradas espécies nativas, embora nenhuma dessas tenha sido domesticada. Atualmente, a cultivar Tupy é considerada a mais importante em todo o mundo (VOLK et al., 2013), devido a sua elevada produtividade e à qualidade dos frutos. Com manejo adequado, pode atingir produtividades superiores à 25 t.ha⁻¹; porém, em média, são obtidas cercade 10 e 16 t.ha⁻¹. Os frutos têm boa aceitação no mercado em fresco, devido ao seu tamanho, uniformidade, firmeza, cor intensa e sabor. Outra característica que torna essa cultivar importante mundialmente é sua capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (ANTUNES et al., 2014).

O fruto fresco da amora-preta constitui-se de 85% de água, 10% de carboidratos, com elevado conteúdo de minerais, vitaminas B, A e cálcio (POLING, 1996). Trabalhos de quantificação de vitamina C mostraram que a cultivar Guarani apresenta a maior quantidade, seguida da Tupy e Brazos, mas estes resultados podem variar de acordo com o solo, tipo de cultivo, condições climáticas, etc (PILECCO; CHIM; ZAMBIAZI, 2006).

As cultivares de amoreira-preta hoje cultivadas no Brasil são resultado de introduções, hibridações e seleções de cultivares americanas, iniciadas na década de 70 pela Embrapa Clima Temperado (RASEIRA; SANTOS; BARBIERI, 2008). Os trabalhos de melhoramento genético tem visado a obtenção de cultivares que apresentam ótimas características para consumo em fresco e industrialização. As cultivares de maior ocorrência no sul do Brasil são Ebano, Tupy, Guarani, Brazos, Xavante e Cherokee (ANTUNES, 2002).

O fruto verdadeiro da amoreira é denominado de mini drupa ou drupete, no qual existe uma pequena semente, sendo que a sua junção forma o que

é chamado de fruto agregado (POLING, 1996). As frutas são compostas, normalmente formadas por 75 a 85 drupetes (PAGOT et al., 2007). É do tipo globoso, cheio, carnoso e apresentam cor negra quando maduras e sabor doce a doce-ácido, sendo que sua maturação ocorre entre a primavera e o verão. Estas frutas são mais complexas em relação às framboesas em termos de hábito de crescimento e número de espécies cultivadas.

As plantas de amoreira-preta apresentam três formas de crescimento: ereto, semi-ereto ou decumbente, e produzem vara autoportante; o semi-ereto apresenta bastões parcialmente eretos, mas exige uma treliça para apoio; o decumbente apresenta bastões não eretos e exige treliça de apoio (RASEIRA et al., 2004). Outra distinção importante entre as cultivares deste grupo é a presença ou ausência de espinhos nas hastes (RIEGER, 2006).

A planta é um arbusto caducifólio, espinescente (com espinhos), ou inerme (sem espinhos), de ramos escandecentes, cuja parte aérea se renova todo o ano pelo secamento, poda e posterior brotação; exige entre 100 a 1.000 horas de frio ($\leq 7,2$ °C) por ano, dependendo da cultivar, para produzir satisfatoriamente (LORENZI et al., 2006).

Por meio de estudos realizados com a amoreira-preta no Brasil, pôde-se constatar o grande potencial desta cultura como opção de diversificação em áreas de agricultura familiar, em função do baixo custo de implantação, manutenção do pomar, e principalmente a reduzida utilização de defensivos agrícolas. Além disso, possui grandes possibilidades de atingir o mercado destinado a frutas de mesa, principalmente realçando a ausência da utilização de defensivos agrícolas na fase de produção e qualidades intrínsecas ao fruto como a presença de ácido elágico (ANTUNES, 2002).

Para definir as regiões de cultivo da amoreira-preta é fundamental considerar os fatores climáticos, que exercerão maior ou menor influência, de acordo com a fase de desenvolvimento da planta. A amoreira-preta se adapta bem às regiões com temperaturas moderadas no verão, sem intensidade luminosa elevada, com chuvas freqüentes, mas sem excesso durante o período de frutificação, e temperaturas baixas no inverno, suficientes para atender à necessidade de frio, que é um fator importante durante o período de dormência para proporcionar bom índice de brotação. Entretanto, se ocorrer fora dessa fase, pode causar sérios danos às gemas, flores e frutos em desenvolvimento, principalmente se houver geadas tardias

de primavera. Durante a fase vegetativa, a temperatura e a precipitação influenciam a qualidade das gemas, fator determinante ao potencial de produção para o ano seguinte (WREGGE; HERTER, 2008).

A amoreira-preta, de modo geral, é resistente à geada, pelo fato de ser uma planta de clima temperado. A amplitude térmica, associada às temperaturas baixas, é importante para conferir cor e equilíbrio de acidez e açúcar, características essenciais para o sabor do fruto consumido em fresco. As plantas florescem relativamente tarde, a partir de setembro em diante, e florescem durante um longo período. Devido ao florescimento tardio, os danos às flores por geadas raramente ocorrem nas regiões planas. Nas áreas montanhosas, onde os invernos são mais fortes, o uso de cultivares resistentes e plantio nas encostas ajudam a evitar danos do frio (WREGGE; HERTER, 2008).

A amoreira-preta se adapta melhor a pleno sol e a solos bem drenados (WREGGE; HERTER, 2008), principalmente os arenosos com bom teor de matéria orgânica (GRANDALL, 1995; GAZDA; KOCHMANSKA-BEDNARZ, 2010), sendo o uso de camalhões uma alternativa importante para locais periodicamente molhados (FERNANDEZ; BALLINGTON, 1999).

Em relação ao pH do solo, há uma série de indicações e muitas divergências entre as recomendações encontradas na literatura. Segundo Ilha (2012), antes da instalação do pomar, no mínimo três meses antes deve-se aplicar calcário, preferentemente dolomítico, para elevar o pH a 5,5. No entanto, Fernandez e Ballington (1999) sugerem que os solos mais satisfatórios são os que apresentam pH de 6,0 a 6,5. Por sua vez, Grandall (1995) indica a faixa entre 5,5 e 6,5 como a melhor para o cultivo de amoreira-preta, e para Dickerson (2000), as amoreiras-pretas necessitam de solos com pH entre 6,5 a 7,5, sendo que acima desse limite superior, as plantas podem desenvolver cloroses devido à deficiência de ferro.

Em relação à matéria orgânica do solo, há citações de diferentes faixas ideais. Fernandez e Ballington (1999) indicam o teor entre 2 e 4% como sendo satisfatório. Para Grandall (1995), esse valor seria de 3%, enquanto Freire (2007) sugere que 4,5% seria uma taxa satisfatória e que, inclusive, não seria necessária a adubação nitrogenada (WREGGE; HERTER, 2008).

Dentre as cultivares de amora-preta, a Tupy, lançada na década de 1990 pela Embrapa Clima Temperado (Figura 2.2.1A). As plantas apresentam porte ereto, alto vigor, espinhos e baixa necessidade em frio. A 'Xavante', lançada em

2004, é uma cultivar de haste vigorosa, ereta e apresenta como vantagem a ausência de espinhos (Figura 2.2.1B). Além disso, requer baixa exigência em frio e é bastante produtiva (RASEIRA; SANTOS; BARBIERI, 2008).

Figura 2.2.1 - Amoras-preta cvs. Tupy (A) e Xavante (B).



A Tupy é atualmente a cultivar de amora-preta mais importante no Brasil (ANTUNES et al., 2014), além de ocupar posição de destaque no México, onde é produzida principalmente para exportação para os Estados Unidos (CLARK; FINN, 2014). É resultante de cruzamento realizado entre ‘Uruguai’ e a ‘Comanche’ em 1982. ‘Uruguai’ é um clone originário daquele país e cuja identidade não era conhecida. É recomendada para o consumo de fruta fresca, pelo fato de apresentar baixa acidez (SANTOS; RASEIRA, 1988). A mudança de plantio de amoreira-preta ‘Brazos’ pela ‘Tupy’ na década 1990 no México foi revolucionária para a expansão do cultivo dessa espécie. Nesse país, estimou-se que o cultivo era entre 6.500 e 8.000 de ha de ‘Tupy’ em 2013 (CLARK; FINN, 2014), atendendo o mercado de exportação aos Estados Unidos na entres safra, entre setembro e dezembro (CARVALHO; THOMSEN; CLARK, 2010).

Caracteriza-se por apresentar hastes rasteiras que precisam de suporte, hábito prostrado, produzindo frutos de cor vermelho claro e suculentos. As plantas são de porte ereto, vigorosas, com espinhos, perfilhamento médio e florescem entre setembro e outubro. A colheita, nas condições de Pelotas, RS, ocorre entre meados de novembro e início de janeiro (ANTUNES; RASEIRA, 2004).

De acordo com Campagnolo e Pio (2012), o ciclo produtivo de 'Tupy' no centro-oeste do Paraná varia entre 66 e 76 dias. Produz frutos grandes de cor preta e uniforme. Os frutos têm 8 a 10 g de massa média e sabor equilibrado. É ideal para o consumo em fresco, pelo equilíbrio que mantém entre a acidez e o açúcar. No primeiro ano pós-plantio, a produtividade pode chegar a 8 t.ha⁻¹ e, no segundo ano, 17 t.ha⁻¹ (ANTUNES; RASEIRA, 2004; GONÇALVES et al., 2011). No Rio Grande do Sul, as maiores produções encontram-se nos municípios de Feliz e Vacaria, onde a cultivar Tupy responde por 70% da área cultivada, com produção a partir da segunda quinzena de novembro. Em São Paulo, a produção concentra-se na região de Jundiaí, e em Minas Gerais no Sul (Planalto de Poços de Caldas) (ANTUNES et al., 2000).

A cv. Xavante é um lançamento conjunto da Embrapa Clima Temperado e da Universidade de Arkansas, AR, Estados Unidos. Resultante de sementes coletadas em Clarks Ville, AR, de uma população resultante de cruzamento entre as seleções A1620 e A1507, sendo, portanto, segunda geração deste cruzamento. Apresenta hastes vigorosas, eretas e sem espinhos. É uma cultivar de baixa necessidade de frio, em torno de 200 horas e boa produção. A floração inicia-se em setembro, estendendo-se até outubro. A maturação é precoce e a colheita inicia em meados de novembro (ANTUNES; RASEIRA, 2004). As frutas apresentam forma alongada, massa média de 6g, firmeza média, sabor doce-ácido, predominando a acidez, com teor de sólidos solúveis em torno de 8°Brix (MOORE et al., 2004).

2.3 FENOLOGIA E EXIGÊNCIA TÉRMICA

A fenologia pode ser definida como o estudo dos fenômenos naturais que ocorrem periodicamente no ciclo das plantas, em função das variações climáticas (TOURÓN, 2005). A caracterização fenológica permite o detalhamento da descrição do ciclo da planta, possibilitando, desta forma, determinar o melhor momento para a realização de tratamentos culturais, ou verificar a ocorrência de um evento importante, como geada ou déficit hídrico, associados a estádios bem definidos (PASCALE; DAMARIO, 2004).

De acordo com Atílio (2009), o comportamento fenológico das diferentes cultivares depende dos fatores genéticos, ambientais e das condições

edafoclimáticas, além dos tratos culturais, apresentando resposta diferente quando submetidos a diferentes condições do meio. Assim, antes de se escolher a cultivar, é importante verificar quais são as mais adaptadas às condições edafoclimáticas locais (SILVA et al., 2006), e os períodos de concentração da produção, aumentando a possibilidade de sucesso do cultivo (ANTUNES et al., 2008).

A temperatura é um dos fatores climáticos mais importantes em plantas de clima temperado, exercendo papel fundamental no processo de desenvolvimento. Sendo uma planta exigente em frio, a duração das fases fenológicas da amoreira-preta pode variar em função do acúmulo de horas de frio em um determinado ano ou local (CLARK; JAMES; JOSE, 2005). Assim sendo, caso o acúmulo de horas de frio seja insuficiente, a depender da necessidade da cultivar, pode-se ter como consequência a brotação e o florescimento deficientes, reduzindo a produção (BOWLING, 2000). Além disso, os botões florais da amoreira-preta podem ser severamente danificados no inverno, e geadas tardias no início da primavera podem prejudicar as flores que encontram-se abertas (TAKEDA et al., 2002; WARMUND; TAKEDA; DAVIS, 1992).

As cultivares que florescem mais tardiamente são menos suscetíveis aos danos causados pela baixa temperatura e geada, resultando em maior rendimento. Por outro lado, o florescimento precoce promove a frutificação antecipada, resultando em preços mais elevados ao produtor em anos sem geada, e o potencial de prolongar a safra permite maior produtividade. Nas regiões com risco de geada após o florescimento, a cultivar ideal é de florescimento tardio. Porém, em regiões com temperaturas variáveis na primavera, as cultivares indicadas são aquelas com florescimento tardio e período de frutificação curto (LEWERS; WANG; VINYARD, 2010).

Curi (2012) avaliou o ciclo produtivo de 10 cultivares de amoreira-preta (sem espinhos: Arapaho, Xavante e Ébano; com espinhos: Comanche, Caingangue, Choctaw, Tupy, Guarani, Brazos e Cherokee) e de amoreira-vermelha (*Rubus rosifolius*), também conhecida como morangueiro silvestre, nativa da Serra da Mantiqueira, Lavras, MG. Assim, concluiu que as cultivares de amoreira-preta Tupy e Xavante apresentam ciclo produtivo de 110 e 130 dias, sendo que as colheitas se iniciam em fim do setembro e estendem-se até janeiro.

Em um estudo fenológico e produtivo com as amoreiras-pretas 'Tupy', 'Guarani', 'Caingangue', 'Cherokee' e 'Brazos', e com as seleções

denominadas 'seleção 97' e 'seleção 787' em Pelotas, RS, Antunes, Gonçalves e Trevisan (2010) verificaram que todas as cultivares podem ser produzidas sem comprometimento da produção. Nas condições de Guarapuava, PR, Botelho et al. (2009) relataram a boa adaptação da amoreira-preta 'Xavante' às condições locais. Atílio (2009), avaliando a cultivar 'Tupy' em Selvíria, MS, verificou estádios fenológicos mais curtos, o que possibilitou a produção na entressafra das regiões produtoras tradicionais.

Outro aspecto a ser considerado no ciclo dessa planta frutífera está relacionado ao fato que todo vegetal necessita de uma quantidade constante de energia para completar as diferentes fases de seu ciclo de desenvolvimento. Essa quantidade de energia é normalmente expressa em graus-dia (GD), que é a diferença acumulada entre a temperatura média ambiente e a temperatura-base (valor abaixo do qual não ocorre desenvolvimento) (PEDRO JR; SENTELHAS, 2003).

O conceito básico do acúmulo de GD é que o crescimento ocorre quando as temperaturas estão acima de uma determinada temperatura mínima (temperatura base) e o crescimento aumenta com a temperatura. O conhecimento da quantidade de acúmulo de GD permite que se faça o planejamento de duração das fases fenológicas e a provável data de colheita, de acordo com os dados climáticos de cada região e a necessidade de acúmulo de GD de cada variedade (SENTELHAS, 1998).

Assim como outras plantas frutíferas de clima temperado, a amoreira-preta necessita acumular horas de frio abaixo de 7,2 °C, durante o período de dormência, para promover a superação da dormência, bem como a brotação e o florescimento uniforme na primavera (FEAR; MEYER, 1993). Segundo Westwood, (2009) e Kretzschmar et al. (2013) a amoreira-preta pode ser cultivada em regiões com acúmulo de frio hibernal a partir de 200 horas, até frios extremos de mais de 1.000 horas.

Para o cálculo de acúmulo de GD, existem vários métodos conhecidos, como os índices climáticos e o índice de Winkler, que é o método mais conhecido (AMERINE; WINKLER, 1977), o qual utiliza como referência o acúmulo de GD em temperaturas acima de 10 °C.

No Brasil, o método mais utilizado para cálculo de índice climático é o de Villa Nova (1972). A principal diferença entre os métodos propostos por Villa

Nova (1972) e Amerine e Winkler (1977) é que no primeiro o cálculo de GD considera as temperaturas diárias, máximas e mínimas, e no segundo é utilizado o somatório das temperaturas diárias médias durante o ciclo.

2.4 COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos são substâncias aromáticas hidroxiladas, com grande diversidade estrutural, variando de uma molécula a polímeros, encontrada naturalmente em cereais, hortaliças, frutas, chás, ervas, chocolates, cafés e vinhos. Aproximadamente 8.000 tipos de compostos fenólicos são conhecidos, sendo genericamente classificados em fenóis simples e polifenóis, com base no número de sub-unidades de fenóis presentes (ARAÚJO, 2011).

Tais compostos são produtos secundários produzidos pelas plantas, as quais apresentam funções diversas nos vegetais, podendo agir como compostos de defesa contra herbívoros e patógenos. Outros têm função no suporte mecânico, como atrativo de polinizadores ou dispersores de frutos, na proteção contra a radiação ultravioleta ou na redução do crescimento de plantas competidoras adjacentes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Dentre esses compostos, os flavonóides constituem a maior classe de compostos fenólicos vegetais. Os diferentes tipos de flavonóides desempenham funções diversas nos vegetais, incluindo pigmentação e defesa (GIUSTI; JING, 2007).

O grupo mais comum dos flavonóides pigmentados consiste nas antocianinas, compostos fenólicos caracterizados pelo núcleo básico flavílio (cátion 2-fenilbenzopirílio), que consiste em dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensada por um oxigênio (FRANCIS; MARKAKIS, 1989). A molécula de antocianina é constituída por duas ou três porções; uma antocianidina, um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos (cumárico, cafeico, acético), formando as antocianinas aciladas (BLOUIN; GUIMBERTEAU, 2004). As diferenças entre as várias antocianinas estão no número de grupos hidroxílicos, no grau de metilação destes grupos, na natureza e no número de açúcares ligados à molécula e na posição dessas ligações, bem como na natureza e no número de ácidos alifáticos e/ou aromáticos ligados ao açúcar na molécula (STRINGHETA; BOBBIO, 2000).

As antocianinas são responsáveis pela maioria das cores vermelha, rosa e azul observada nos vegetais. Por colorir flores e frutos, as antocianinas possuem importância vital como atrativo para polinizadores e dispersores de sementes. Pesquisas realizadas nas últimas décadas têm demonstrado que os pigmentos das plantas, além de promoverem a cor, são potentes antioxidantes e parecem possuir inúmeros benefícios à saúde (TAIZ; ZEIGER, 2004; GIUSTI; JING, 2007). Além disso, são responsáveis pelo sabor adstringente ou amargo das frutas (PUUPPONEN-PIMĪA et al., 2005).

A composição química dos pequenos frutos pode variar de acordo com a cultivar, práticas culturais, condições ambientais (temperatura, umidade, radiação solar e fertilidade do solo), ponto de maturação, condições de colheita e armazenamento. Tais frutos constituem uma das importantes fontes de compostos fenólicos e apresentam em sua composição diferentes concentrações de ácido ascórbico, ácido fólico, minerais, carotenóides, e uma diversidade de polifenóis, responsáveis pela cor, sabor e nutrição (HOWARD; HAGER, 2007; TALCOTT, 2007).

Em estudos realizados com os pequenos frutos, foram constatadas diferentes concentrações de compostos fenólicos (FERREIRA; ROSSO; MERCADANTE, 2010; JACQUES et al., 2010). No que se refere à amora-preta, Vizzotto et al. (2012) verificaram médias de compostos fenólicos totais de 870,71 e 893,34 mg.100g⁻¹ nas cultivares sem espinhos e com espinhos, respectivamente; enquanto Rodrigues et al. (2010), registraram mg.100g⁻¹ de antocianinas nas frutas secas de amora-preta cv. Tupy.

REFERÊNCIAS

- AMERINE, M. A.; WINKLER, A. J. Composition and quality of musts and wine of California grapes, **Hilgardia**, Berkeley, v.5, p.493-675, 1977.
- ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, I. D. S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. Produção de Amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.100-111, 2014.
- ANTUNES, L. E. C.; CHALFUN, N. N. J.; REGINA, M. A.; HOFFMANN, A. Blossom and ripening periods of blackberry varieties in Brazil. **Journal of American Pomological Society**, Ohio, v.54, n.4, p.164-169, 2000.
- 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.; GONÇALVES, E. D.; RISTOW, N. C.; CARPENEDO, S.; TREVISAN, R. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1011-1015, 2008.
- ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.9, p.1929-1933, 2010.
- ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 54p. (Documentos, 122).
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2011. 601p.
- ATTÍLIO, L. B. **Avaliação fenológica, produtividade, curva de crescimento, qualidade dos frutos e custos de produção de amoreira-preta cv. Tupy**. 2009. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia–Especialidade em Sistemas de Produção Vegetal). Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira-UNESP. Ilha Solteira, 2009.
- BELING, R. R. **ANUARIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. 2014a, 135p.
- BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. **Maduración y madurez de la uva**. 4. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. 151p.
- BOTELHO, R. V.; PAVANELLO, A. P.; BROETTO, D.; SCISLOSKI, S. F.; BALDISSERA, T. C. Fenologia e produção da amoreira-preta sem espinhos cv. Xavante na região de Guarapuava-PR. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.10, n.3, p.209-214, 2009.
- BOWLING, B. L. **The berry grower's companion**. Oregon: Timber Press, 2000. 284p.
- CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Poda drástica para a produção da amora-preta em regiões subtropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.934-938, 2012.

CARVALHO, T.; THOMSEN, M. R.; CLARK, J. R. commercial fresh blackberry shipping market growth and price trends in the United States. **Fruit News**, New York, v.10, n.2, p.8-10, 2010.

CLARK, J. R.; JAMES, N. M.; JOSE, L. Z. M. 'Prime-Jan' ('APF-8') and 'Prime-Jim' ('APF-12') primocane-fruiting blackberries. **HortScience**, Alexandria, v.40, n.3, p.852-855, 2005.

CLARK, J. R.; FINN, C. E. Cultura da amora-preta no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.46-57, 2014.

CURI, P. N. **Fenologia e produção de cultivares de amoreiras (*Rubus* sp.) em região de clima tropical de altitude com inverno ameno**. 2012. 59p. Dissertação (Doutorado) programa de Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, MG. 2012.

DAUBENY, H. A. **Brambles**. In: JANICK, J.; MOORE, J. N. (Ed.). Fruit breeding: vine and small fruits. Minnesota: J. Wiley, v.2, p.109-190, 1996.

DICKERSON, G. W. **Blackberry production in New Mexico**. New Mexico: New Mexico State University, 2000. 8p.

DONADIO, L. C. *Rubus* spp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.1, 2014.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. DA. S.; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, p.109-120, 2011.

FERNANDEZ, G.; BALLINGTON, J. R. **Growing Blackberries in North Carolina**. Raleigh: North Carolina State University, 1999. 9p.

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

FREIRE, C. J. S. Nutrição e adubação. In: **Aspectos Técnicos da Cultura da (*Rubus* spp.)** ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. (Ed.), Embrapa-CPACT, Pelotas, Dezembro, 2007, p.45-54. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção 12).

FEAR, C. D.; MEYER, M. D. L. Breeding and variation in *Rubus* germplasm for low winter chill requirement. In: **VI International Symposium on Rubus and Ribes**, n.352, p.295-304. 1993.

FRANCIS, F. J.; MARKAKIS, P. C. Food colorants: anthocyanins. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.28, p.273-314, 1989.

GAZDA, A.; KOCHMANSKA-BEDNARZ, A. comparison of the size structure of the blackberry (*Rubus hirtus* Waldst. & Kitt. agg.) from the populations growing on the soils developed on different geological substrates. **Sylwan**, Krakow, v.154, n.5, p.347-355, 2010.

GIUSTI, M. M.; JING, P. Natural pigments of berries: Functionality and application. In: ZHAO, Y. **Berry fruit: Value-added products for health promotion**. CRC Press: Boca Raton, p.105-146, 2007.

GRANDALL, P. C. **Bramble production: the management and marketing of raspberries and blackberries**. Binghamton: Haworth press, 1995.172p.

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. 5p. (Circular Técnica, 140).

HOWARD, L. R.; HAGER, T. J. Berry fruit phytochemicals. In: ZHAO, Y. **Berry fruit: Value-added products for health promotion**. CRC Press: Boca Raton. 2007. p.73-104.

ILHA, L. H. Produção de amora-preta e framboesa em regiões de clima temperado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n.268, p.58-68, 2012.

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.

KISHINO, A. A.; CARVALHO, S. L. C.; ROBERTO, S. R. **Viticultura Tropical: o sistema de produção do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2007, 366p.

KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R. **Pequenas frutas**, 2013, p.54.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

LEWERS, K. S.; WANG, S. Y.; VINYARD, B. T. Evaluation of blackberry cultivars and breeding selections for fruit quality traits and flowering and fruiting dates. **Crop Sciences**. v.50, p.2475-2491, 2010.

MOORE, J. N.; SANTOS, A. M.; CLARK, J.; RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C. Cultivar de Amora-preta Xavante. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004. p.214-217. (Documentos, 123).

PAGOT, E.; SCHNEIDER, E. P.; NACHTIGAL, J. C.; CAMARGO, A. D. **Cultivo da Amora-preta**. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2007. 11p. (Circular Técnica, 75).

PASCALE, A. J.; DAMARIO, E. A. **Bioclimatologia agrícola y agroclimatologia**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2004. 550p.

PEDRO, M. J.; SENTELHAS, P. C. Clima e produção. In: POMMER, C. V. **UVA: tecnologia de produção, pós colheita, mercado**. Porto Alegre: cinco continentes, 2003. P.63-107.

PIO, R. O potencial de novas fruteiras. In: ENCONTRO DE FRUTICULTURA DOS CAMPOS GERAIS, 1., 2008, Ponta Grossa, PR. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2008. p.11-21.

POLING, E. B. Blackberries. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, Binghamton, v. 14, n.1-2, p.38-69, 1996.

PILECCO, J.; CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C. Vitamina C em Amora-Preta: **Comparação entre Método Titulométrico e Cromatográfico**. In: XV Congresso IC VIII Encontro PG, 2006, Pelotas. Resumo... CD ROM, 2006.

PUUPPONEN-PIMĨA, R.; NOHYNEK, L.; ALAKOMI, H.; OKSMAN-CALDEN-TEY, K. Bioactive berry compounds; Novel tools against human pathogens. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.67, p.8-18, 2005.

RASEIRA, M. C. B.; FRANZON, R. C. **Melhoramento genético e cultivares de amora-preta e mirtilo**. Informe Agropecuário, v.33, p.11-20, 2012.

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

RASEIRA, M. C. B.; SANTOS, A. M.; BARBIERI, R. L. **Classificação botânica, origem e cultivares**. 2008. (Sistema de produção da amoreira-preta 12). Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amora/SistemaProducaoAmoreiraPreta/botanica.htm>> Acesso em: 15 de abr. 2014.

RIEGER, M. **Introduction to fruit crops**. The Haworth Press: New York. 2006, 462p.

RODRIGUEZ, E. C.; YOUSEF, G.; SAUCEDO, P. G.; MEDINA, J. P.; LOPEZ, O. P.; LILA, M. A. Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in wild and domesticated Mexican Blackberries (*Rubus* spp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.7458-7464, 2010.

SANTOS, A. M.; RASEIRA, M. C. B. **Lançamento de cultivares de amoreira-preta**. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT, 1988. 7p. (Informativo, 23).

SATO, A. J.; JUBILEU, B. S.; SANTOS, C. E.; BERTOLUCCI, R.; SILVA, R. A. L.; CARIELO, M.; GUIRAUD, M. C.; FONSECA, I. C. B.; ROBERTO, S. R. Fenologia e demanda térmica das videiras Isabel e Rubea sobre diferentes porta-enxertos na região norte do Paraná. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, p.283-292, 2008.

SENTELHAS, P. C. Aspectos climáticos para viticultura tropical. **Informe agro pecuário**, Belo horizonte: Epaming, v.19, n.194, p.9-14, 1998.

SILVA, P. R. Mercado e comercialização de pequenas frutas In: Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas. 4., 2007, Vacaria. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. p.45-48.

SILVA, R. P.; DANTAS, G. G.; NAVES, R. V.; CUNHA, M. G. da. Comportamento fenológico de videira, cultivar Patrícia em diferentes épocas de poda de frutificação em Goiás. **Bragantia**, Campinas, v.65, p.399-406, 2006.

SOUZA, D. **Estudo das propriedades físicas de polpas e néctares de pequenos frutos**. 2008. 171p. Dissertação (Mestrado em Engenharia química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

STRIK, B. C.; CLARK, J. R.; FINN, C. E.; BAÑADOS, M. P. World wide production of blackberries. **Acta horticulturae**, The Hague, v.777, p.209-218, 2008.

STRINGHETA, P. C.; BOBBIO, P. A. Copigmentação de antocianinas. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.14, n.34-37, 2000.

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

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 American Society of Horticultural Science**, v.127, p.495-501, 2002.

TALCOTT, S. T. Chemical components of berry fruits. In: ZHAO, Y. **Berry fruit: Value-added products for health promotion**. CRC Press: Boca Raton, p.51-72, 2007.

TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; NOGUEIRA, N. A. M. **Tecnologia para produção de uva Itália na região noroeste do estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: CATI, 1998. 58p. (Documento Técnico, 97).

TOURÓN, E. C. **Análisis Comparado de la Fenología del cv. Mencía**. 2005. 189p. Proyecto fin de carrera (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Vigo, Vigo, 2005.

VILLA, N. A.; PEDRO, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, v.30, n.30, p.1-8, 1972.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C. A.; DUTRA, L. F. Propagação de amoreira-preta utilizando-se estacas lenhosas. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.829-834, 2003.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M. C. B.; PERIERA, M. C.; FETTER, M. R. Theor de compostos Fenolicos e atividade antioxidantes em diferentes genotipos de amoreira-preta (*Rubus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, p.853-858, 2012.

VOLK, G. M.; OLMSTEAD, J. W.; FINN, C. E.; JANICK, J. The ASHS outstanding Fruit cultivar award: A 25-year Retrospective. **HortScience**, Alexandria, v.48, n.1, p. 4-12, 2013.

WARMUND, M. R.; TAKEDA, F.; DAVIS, G. A. Super cooling and extracellular ice formation in differentiating buds of eastern thornless blackberry. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.117, p.941-945, 1992.

WESTWOOD, M. N. **Temperate-zone: Pomology, Physiology and Culture.** Timber Press, 3rd ed., Portland, Ore., 2009, 536p.

WREGE, M. S.; HERTER, F. G. **Condições climáticas.** 2008. (Sistema de produção da amoreira-preta 12). Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amora/SistemaProducaoAmoreiraPreta/clima.htm>. Acesso em: 15 de ago. 2014.

YING, G.; ZHAO, C. M.; JUN, W. On *Rubus* resources in Hunan and Fujian provinces. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 23., 1990, Firenze. **Abstract...** Firenze: ISHS, 1990. p.4014

3 ARTIGO A: PHENOLOGY OF BLACKBERRY CVS. TUPY AND XAVANTE GROWN IN SUBTROPICAL AREA

3.1 ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the phenological stages duration of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries under subtropical conditions, aiming to optimize the system of production. The experiment was conducted at Experimental Station, Agricultural Research Center, Londrina State University, PR, Brazil, during two consecutive seasons, 2013 and 2014. A completely randomized design was used as a statistical model, with five replications, and each plot was composed of five trees. It was evaluated, through visual observations, the duration in days of each phenological stage of both cultivars, as follows: start of bud sprouting; start of flowering; start of fruit maturation; start of fruit harvest; end of flowering; and end of harvest. It was also evaluated the duration in days of the following fruit development stages: dormant buds; bud burst; flower bud; half open flower; full open flower; unripe green berry; early ripening pink berry; ripening pink berry; and ripe berry. The phenological development of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries were directly influenced by the winter conditions, influencing bud sprouting, flowering and fruit harvesting period. In 2013 season, 'Tupy' had comparatively late start of growth cycle than 'Xavante' but both ended fruit harvest at same time in early summer. In 2014 season, 'Xavante' maintained the characteristic of earliness, and 'Tupy' also resumed growth cycle comparatively earlier to last season. The fruit development duration was quite similar for both cultivars. 'Tupy' and 'Xavante' grown in subtropical mild winter conditions have comparatively unique phenological periods, earlier and shorter than temperate regions. Then, due the subtropical conditions, it is proposed the possibility to grow blackberries under two crops a year to optimize the system of production: the first or regular crop would start in late winter, when the trees are pruned, and the harvest would end in early summer; the second or off-season growing season would start in early summer, when the trees are again pruned and the budburst stimulator is applied to the canes, and the harvest would end in middle autumn.

Key Words: *Rubus* spp., Chilling requirement, Thermal demand, Druplets development.

3.2 INTRODUCTION

The fruit industry is an activity of socio-economic importance in many countries. In Brazil, fruits are grown in all states, and involve more than five million people working directly and indirectly. The country is one of the three main world fruit producer, along China and India (ANTUNES; RASEIRA, 2004; FACHINELLO et al., 2011; BELING, 2014).

In recent years, small fruits, such as blackberry (*Rubus* subgenus *Rubus* Watson), called attention of researchers, fruit growers and consumers due to presence of basic nutrients, fibers, essential micronutrients such as minerals and vitamins, and various phenolic compounds (HARBORNE; WILLIAMS, 2000).

Blackberry belongs to Rosaceae family and prior was considered as a wild fruit, but cultivation of this domesticated specie has become important in the United States and other countries (CLARK; FINN, 2014). It is a shrubby plant with erect or climbing stem, native to Asia, Europe and America, well suited to regions with well-defined winter (MOORE, 1984). It is considered a good cultivation option for small scale growers because of low cost of development and maintenance of orchards, minimum level of insect and disease damage and higher nutritional value (ANTUNES et al., 2000; 2002).

'Tupy' and 'Xavante' are the most important cultivars in some temperate areas. 'Tupy' is considered an important worldwide cultivar due to its high yield and fruit quality (VOLK et al., 2013). It is the result of a cross between 'Uruguay' and 'Comanche' (SANTOS; RASEIRA, 1988). This cultivar has creeping vigorous thorny stems with prostrate habit that needs support and produces fruits of black color. The blooming occurs from September to October with harvest occurring from mid-November to early January under the temperate conditions of South America (ANTUNES; RASEIRA, 2004).

The cv. Xavante is result of seeds collected in Clarks Ville, Arkansas, USA, resulting in a population of a cross between the A1620 and A1507 selections, and therefore, the second generation of this cross. It has vigorous upright thornless stems, and it is a low chilling cultivar, which presents good production. The fruits have elongated shape, medium firmness and sweet-acid flavor (MOORE et al., 2004). Under temperate conditions of South Hemisphere, flowering begins in

September, extending to October and harvesting occurs in early November (ANTUNES; RASEIRA, 2004).

However, the phenological behavior of these cultivars under subtropical areas hasn't been well explored yet, what can change the system production of a specific area. Phenology is the study of natural phenomenon that occurs periodically in the plant cycle, according to climatic variations (TOURÓN, 2005). The phenology of different cultivars depends on genetic factors, environmental and climate conditions (ATTÍLIO, 2009). Thus, the phenological characterization of blackberries allows the details of the description of the plant cycle, enabling thus to determine the best time to carry out cultural practices, or to verify the occurrence of an important event, such as frost or drought associated with well-defined stages (PASCALE; DAMARIO, 2004).

Air temperature is an important climatic factor for temperate plants, influencing the duration of phenological stages of blackberry, which can vary depending on the accumulation of chilling hours in a given year or local (CLARK et al., 2005), which promotes the end of dormancy, start of sprouting and uniform flowering in the spring (FEAR; MEYER, 1993). Due to change of planting environment, the growth cycle can be completely different, especially under subtropical conditions; also can vary from year to year due to accumulation of degree-days, a proper amount of energy that a plant needs to complete the various stages of its development cycle. This amount of energy is the accumulated difference between the average air temperature and the base temperature, below which no development occurs (PEDRO JR; SENTELHAS, 2003).

Considering the aspects above, the objective of the work was to evaluate the phenological stages duration of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries under subtropical conditions, aiming to optimize the system of production.

3.3 MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted at Experimental Station, Agricultural Research Center, Londrina State University, PR, Brazil (latitude 23°23 S, longitude 51°11 W and elevation of 566m), during two consecutive seasons, 2013 and 2014. According to the Köppen classification, the climate of region is Cfa (subtropical

climate), with an average temperature in the coldest month is below 18 °C (mesothermal), and average temperature in the hottest month is above 22 °C, with an average annual rainfall of 1,507 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). The texture of soil is composed of 81% clay, 8% silt and 11% sand.

Nursery trees of two blackberry cultivars (*Rubus* sp.), Tupy and Xavante (Figure 3.3.1), were produced according of Villa et al. (2003) methodology, obtained from stock trees belonging to Embrapa Temperate Climate, Pelotas, Brazil. The experimental design was a completely randomized, with five replications; each plot was composed of five plants of each cultivar. The nursery trees were spaced at 3 m between rows and 1 m between plants in November 2012 (Figure 3.3.2).

Figure 3.3.1 - Blackberry nursery tree.



Figure 3.3.2 - Establishment of blackberry experimental orchard.



The trees were trained in double cordon of two wires (parallel twin wires) in eucalypt poles "T", spaced 60 cm apart and 90 cm above ground level (ANTUNES; RASEIRA, 2004) (Figure 3.3.3).

Figure 3.3.3 - Double cordon system for training blackberry trees.



During the experiment, cultural practices were carried out according to the recommendations of Raseira et al. (2004). Irrigation of the experimental plants

was performed by drip, adopting the agroecological management without the use of synthetic inputs, with regular manual weed control. Farm yard manure were applied a week after pruning.

In 2013 and 2014 seasons, the pruning was held at late winter, on August 9th and August 6th, respectively, leaving an average of five stems per tree, up to the second wire of the cordon (Figure 3.3.4). In this step, branches were trimmed to a height of 10 cm above the second support wire and the side branches were eliminated. Soon after, 10 representative branches per plot were identified for phenology assessments (Figure 3.3.5).

Figure 3.3.4 - Blackberry trees after pruning at late winter.



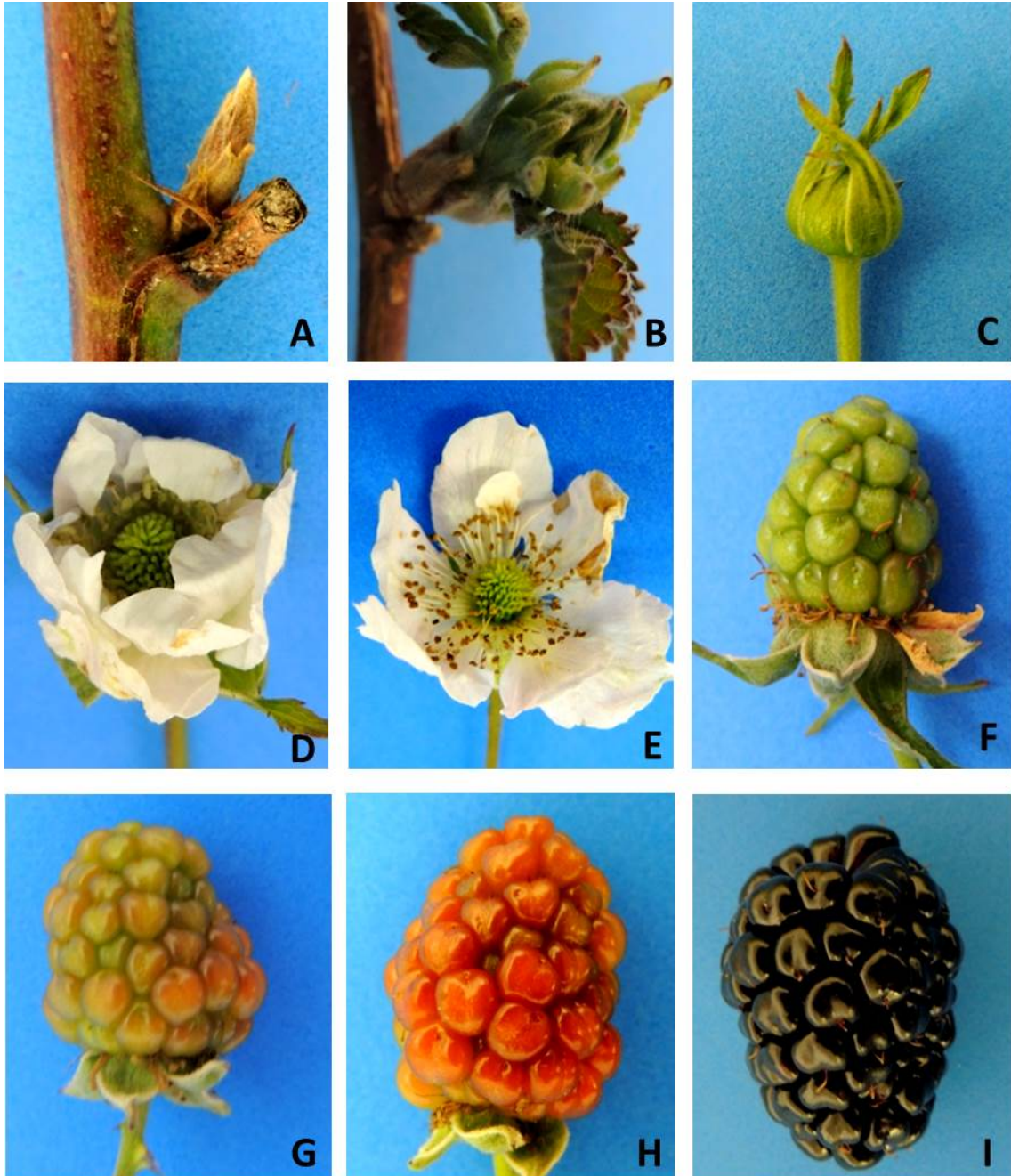
Figure 3.3.5 - Identification of representative blackberry branches for phenological evaluation.



Then, it was evaluated, through visual observations, the duration in days of each phenological stage, according to the classification based on Childers and Lyrene (2006), as follows: start of bud sprouting; start of flowering (when more than 5% of flowers are open); start of fruit maturation; start of fruit harvest; end of flowering (when 90% of flowers are open); and end of harvest of each plot. From these dates, diagrams were prepared representing the duration in days of each phenological stage for both cultivars during each season.

In addition, as blackberry flowering and harvest stages continuous occur during several weeks (TAKEDA et al., 2002), it was also assessed in 2014 season the time required for fruit development of each cultivar (Figure 3.3.6). Thus, 10 dormant buds per plot were identified for phenology assessments. It was evaluated then the duration in days of the following most important fruit development stages: flower bud; full open flower; unripe green berry; ripening pink berry; and ripe berry.

Figure 3.3.6 - Phenological stages of blackberry fruit development. **A:** Dormant buds; **B:** Bud sprouting; **C:** Flower bud; **D:** Half open flower; **E:** Full open flower; **F:** Unripe green berry; **G:** Early ripening pink berry; **H:** Ripening pink berry; **I:** Ripe berry.



For thermal demand evaluation required by blackberry cultivars to complete their cycle, an automatic micrometeorological station iMetos[®] (Plesl Instruments, Austria) was installed in the experimental area in order to obtain temperature data (Figure 3.3.7).

Figure 3.3.7 - Automatic micrometeorological station iMetos®.



The thermal demand, expressed in degree-days (DD), was calculated using the DD accumulated sum from the start of bud sprouting to the end of harvest, according to the following equations proposed by Villa et al. (1972):

$$\mathbf{a) \text{ DD} = ((T_m - T_b) + (T_M - T_m))/2}, \text{ when } T_m > T_b$$

$$\mathbf{b) \text{ DD} = (T_M - T_b)^2 / 2(T_M - T_m)}, \text{ when } T_m < T_b$$

$$\mathbf{c) \text{ DD} = 0}, \text{ when } T_b > T_M$$

where:

T_M means Daily Maximum Temperature ($^{\circ}\text{C}$);

T_m means Daily Minimum Temperature ($^{\circ}\text{C}$); and

T_b means Base Temperature (10°C).

In addition, for each cultivar, it was also possible to obtain the chilling hours or chilling requirement (number of hours when air temperature was $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$ during winter), which represents the minimum period of cold weather after which a fruit-bearing tree will blossom (BOTELHO et al., 2006).

3.4 RESULTS AND DISCUSSION

In subtropical areas, which are colder than tropics and warmer than temperate zones, it is known that winter is usually mild to cool and has unpredictable temperature, no distinguished dry season (LYRENE, 2005). Thus, an inconsistent winter condition may result in different chilling accumulation over years at a same location (SCARIOTTO et al., 2012), what may hasten or delay the initiation of new growth of blackberries. However, at the onset of the winter, a cessation of shoots extensions and new growth occur, whereas from late winter to early spring the temperature increase more rapidly causing the onset of reproductive bud development and the development of floral organs of blackberries (TAKEDA et al., 2002).

In the experimental location, the winter of 2013 season was longer than 2014, frosty, with 111 chilling hours accumulation (Table 3.4.1), dry period in August, and the mean minimum temperature recorded was lower than usual (Annex 1-4). In other hand, the winter of 2014 season was characterized by a comparatively lower accumulation of chilling hours compared to 2013 (52 chilling hours), and large switching between high and low temperatures, no frost in August, and the increase of temperature and raining was recorded from early August. Higher temperature was observed during the summer and the tendency towards temperature increase was observed once the chilling hours were fulfilled.

Table 3.4.1 - Accumulated chilling hours and thermal demand in degree-days of blackberry cvs. Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.

Cultivar	Chilling hours ^{/a}		Degree-days ^{/b}	
	2013	2014	2013	2014
Tupy	111	52	1,252.6	1,374.4
Xavante			1,450.9	1,439.7

^{/a}:Accumulated sum of air temperature $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$ during winter season. ^{/b}:Accumulated degree-days from the start of bud sprouting to the end of harvest. Note: base temperature (T_b) = 10°C .

Like other small fruit crops, blackberries grown in temperate climate with well differentiated seasons require a number of chilling hours during dormant period for uniform budburst and flowering in spring (FEAR; MEYER, 1993). The chilling hours requirement varies among cultivars (WESTWOOD, 2009; DALE; SAMPLE; KING, 2003), and it has been described as basic climate factor for flowering and fruit set (ELLOUMI et al., 2013), what has a strong effect on phenological stages (TYLER, 2001; JAVANSHAH, 2010).

Under subtropical conditions, temperate fruit cultivars may have great cycle variability, and the adaptability to this new environment requires close attention. In 2013, the cycle of ‘Tupy’ blackberry, from the start of bud sprouting to the end of harvest was 100 days, which occurred from September 16th to December 26th (Figure 3.4.1). ‘Xavante’ showed a longer cycle of 121 days, which occurred on August 26th and December 26th, respectively (Figure 3.4.2). During this season, it was possible to verify that ‘Xavante’ started the new growth around 21 days earlier than ‘Tupy’, but the end of harvest period was quite similar for both cultivars.

Besides those findings, there was little variation regarding the duration of the different phenological periods evaluated when both cultivars are compared. The main difference observed was from the start of fruit harvest to the end of harvest, 42 and 61 days for ‘Tupy’ and ‘Xavante’, respectively.

Figure 3.4.1 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv. Tupy, season 2013.Obs: BS: start of bud sprouting (16/09/2013), SF: start of flowering (08/10/2013), FM: start of fruit maturation (10/11/2013), FH: start of fruit harvest (14/11/2013), EF: end of flowering (19/12/2013), EH: end of harvest (26/12/2013). Londrina, PR, 2015.

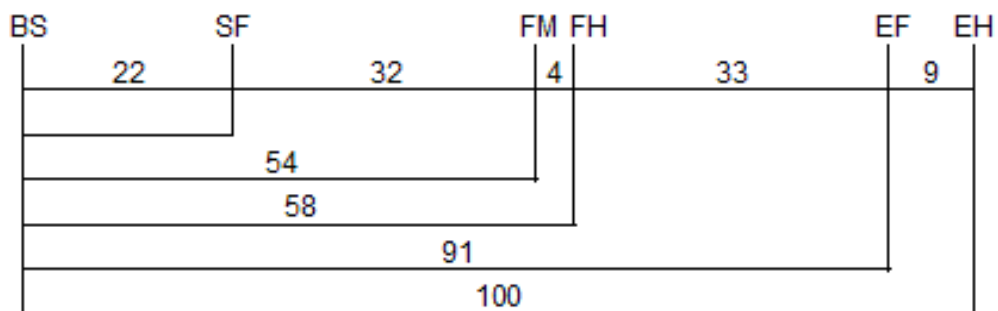
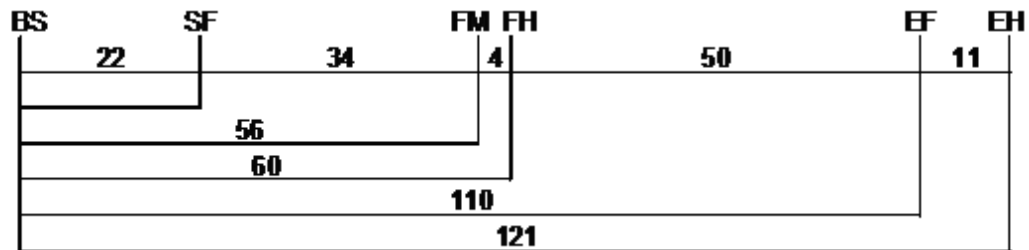


Figure 3.4.2 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv. Xavante, season 2013. Obs: BS: start of bud sprouting (26/08/2013), SF: start of flowering (17/9/2013), FM: start of fruit maturation (20/10/2013), FH: start of fruit harvest (24/10/2013), FF: end of flowering (15/12/2013), FC: end of harvest (26/12/2013). Londrina, PR, 2015.



As reported by other authors, winter condition has a great influence on different phases of annual growth cycle of blackberries, especially on flower bud initiation, uniformity of bud sprouting, flowering and the time and duration of fruiting harvesting. Thus, the choose of cultivars with low chilling requirement and good tolerance to high temperatures during flowering, make production more consistent in subtropical regions (TAKEDA et al., 2002; SHERMAN; LYRENE, 1984).

The 2014 season, due the lower chilling hours accumulation observed and the early rise of temperature at end of winter, had strong influence on blackberry phenological stages. In general, for both cultivars, the milder winter condition observed in 2014 provided blackberries to anticipate the start of bud sprouting. The cycle of 'Tupy' was 108 days, which occurred from September 6th to December 23rd, showing tendency towards earliness as growth cycle began 10 days earlier (September 6th) than 2013 season. The period from start of fruit harvest to the end of harvest (49 days) was one week longer than 2013 (42 days) (Figure 3.4.3). Under warm winter conditions, temperate fruit cultivars with distinct chilling requirements, show immense variability regarding flowering period from year to year (PETRI; HAWERROTH; LEITE, 2008). In addition, high temperatures reportedly promote rapid growth of canes in red raspberries, causing the canes to reach the flowering stage earlier (HOOVER et al., 1989).

However, for 'Xavante', the cycle was quite similar in 2014 season and lasted 114 days; the start of bud sprouting occurred on August 24th and the end of harvest on December 18th. 'Xavante' maintained the characteristic of earliness, and the start of flowering was 7 days earlier (September 10th) than the previous season (September 17th), whereas took 8 more days from start of flowering to the

start of fruit maturation when compared to 2013 season (42 and 34 days, respectively). An approximately similar fruit harvest period, from start of fruit harvest to the end of harvest, was recorded for 'Xavante' (51 days) and 'Tupy' (49 days) during 2014 season (Figure 3.4.4).

Temperate fruit crops are grown in different environmental conditions under different cultural techniques, and studies concerning chilling and heat requirements for cultivars are valuable tools to avoid incomplete end of dormancy or abnormal flowering (ALBURQUERQUE et al., 2008). The duration of phenological stages is usually related to the thermal conditions of a specific area where the crop is grown, and the air temperature has close relationship with the onset of bud sprouting and the flowering, influencing crop production cycle (PEDRO JUNIOR; SENTELHAS, 2003). Effective heat requirements of fruit tree cultivars are associated with various factors, such as the amount of chilling required (JACOBS et al., 2002), light, nutritional status (POWELL, 1987), genetic factors, the type of buds (flower or vegetative) and latitude (WESTWOOD, 2009).

The thermal demand expressed in degree-days (DD) between the start of bud sprouting and the end of fruit harvest for 'Tupy' was 1,252.6 and 1,374.4 DD in 2013 and 2014 seasons, respectively, while for 'Xavante' the demand was 1,450.9 and 1,439.7, respectively (Table 3.4.1). The thermal demand for 'Xavante' was higher than 'Tupy' in both seasons maybe due to its longer cycle, which requires more heat.

Figure 3.4.3 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv. Tupy, season 2014. Obs: IB: start of bud sprouting (06/09/2014), SF: start of flowering (08/10/2014), FM: start of fruit maturation (01/11/2014), FH: start of fruit harvest (05/11/2014), EF: end of flowering (18/12/2014), EH: end of harvest (23/12/2014). Londrina, PR, 2015.

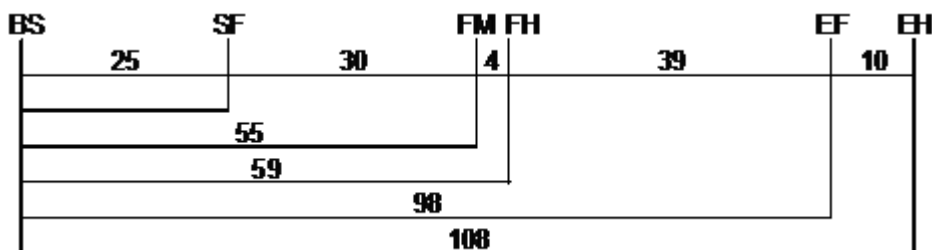
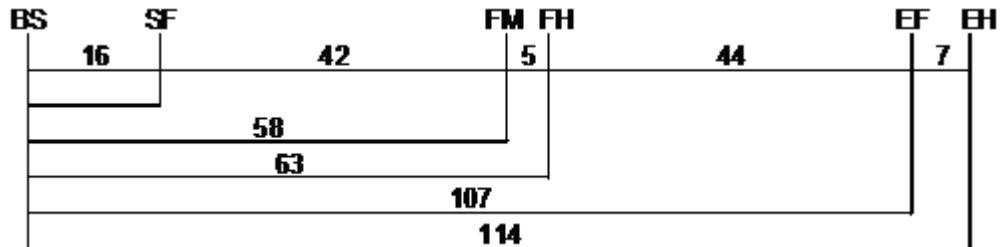


Figure 3.4.4 - Duration in days of phenological stages of blackberry cv. Xavante, season 2014. Obs: BS: start of bud sprouting (24/08/2014), SF: start of flowering (10/9/2014), FM: start of fruit maturation (22/10/2014), FH: start of fruit harvest (27/10/2014), EF: end of flowering (11/12/2014), EH: end of harvest (18/12/2014). Londrina, PR, 2015.



When a new temperate fruit cultivar is introduced in subtropical area, the phenology behavior plays an important role as it allows the characterization of the duration of developmental stages in relation to climate, especially to seasonal variation, and it is used to interpret as different climatic regions impact on crop (TERRA; PIRES; NOGUEIRA, 1998). The cycle observed for Tupy and Xavante blackberries grown under temperate conditions in South America was 160 and 150 days (Antunes et al., 2000) which is longer than this work.

The characterization of blackberry phenological stages is essential to achieve high fruit quality and yield, since a number of management practices such as pruning, application of bioregulators, fertilizers and pesticides rely on the recognition of certain phenological stages (SALINERO; VELA; SAINZ, 2009). However, as shown before, blackberry flowering and harvest stages continuous occur during several weeks (TAKEDA et al., 2002), and it is difficult to recognize the exact period needed for complete drupelets development, once in a single tree, it is very common to observe fruits in a different ripening stages at same time. For this reason, this specific information, combined with others already obtained, is also important to evaluate the adaptability of blackberry cultivars under subtropical conditions.

The duration from flower bud to ripe berry stages of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries was quite similar, 29.6 and 31 days, respectively (Table 3.4.2). The duration of other phenological sub-stages evaluated had no or little difference between cultivars, except for unripe green berry to ripening pink berry, in which 'Tupy' took almost 5 days less than 'Xavante' (15.9 and 20.4, days respectively). The phenological stage scale for blackberry drupelets development proposed in this work

(Figure 3.3.6) is a very useful tool which might help growers to better predict, for example, the end of harvest, according to the occurrence of the last flush of flowering.

Table 3.4.2 - Phenological stages duration in days of blackberry fruit development cvs. Tupy and Xavante, 2014, Londrina, PR, 2015.

Cultivar	Phenological stages duration (days)				
	FB-OF	OF-GB	GB-PB	PB-RP	FB-RB
Tupy	2.0 ± 0.5	6.7 ± 0.5	15.9 ± 1.4	5.0 ± 0.5	29.6 ± 1.1
Xavante	2.0 ± 0.5	4.6 ± 0.8	20.4 ± 0.8	4.0 ± 0.7	31.0 ± 0.8

FB: Flower bud, OF: Full open flower, GB: Unripe green berry; PB: Ripening pink berry; RB: Ripe berry.

The phenological study of blackberry grown under subtropical area has a commercial importance, as the onset of flowering, progression and reproductive cycle vary among cultivars due to environmental variation (TAKEDA et al., 2002). Under temperate climate, blackberry presents defined phenological stages (CAREW et al., 2000; ANTUNES; RASEIRA, 2004). However, the same blackberry cultivar may show phenology variation according to the intensity and duration of winter, with moderate winter favors the early resumption of growth cycle in spring (TAKEDA, 2002). The occurrence of bud sprouting and flowering may vary from year to year due to the variable cycle and chill accumulation by plants (GLOZER; INGELS, 2006). The rate of blackberry reproductive bud development and differentiation are dependent on climate, and the time of floral bud differentiation and bloom are variable (MOORE; CALDWELL, 1985).

The blackberry production in temperate zones of southern hemisphere varies from October to February (ANTUNES et al., 2000; SEGANTINI et al., 2011), whereas in northern hemisphere the fruiting season varies from May to August with flowering after 2 months of buds differentiation (CLARK et al., 2005; STRIK et al., 2008; TAKEDA et al., 2008). Hoover et al. (1989) consider temperature as cause of variation of cycle in different locations of North America; in addition, TAKEDA et al. (2008) state that winter chilling is the cause of limiting towards the northern latitudes. These observations help to understand why under subtropical

area 'Tupy' and 'Xavante' were directly influenced by the winter conditions, influencing bud sprouting and flowering and time duration of fruit harvesting period.

According to the results obtained in this research, it is proposed here the possibility, besides the harvest during summer, to achieve an off-season blackberry production during autumn, as it is well established for table grapes production in some subtropical areas. The obtainment of two crops of table grape per year (regular and off-season crops) is possible due the subtropical mild winter and the use of budburst stimulators. The regular crop starts from the end of grapevine dormancy in late winter, and the harvest occurs during summer. Right after that, a new cycle is forced, the grapevines are pruned and forced to sprout again by using budburst stimulators, and an off-season crop is obtained during autumn, where the risk of frost is non-existent or very low, less than 10% (RICCE; CARAMORI; ROBERTO, 2013).

Usually, under temperate areas, blackberry enables one crop a year due the longer occurrence of low temperatures during the autumn-winter period and comparatively higher risk of late frost than mild winter. Under two crops a year system, it is proposed that the growing season for first or regular crop would start in late winter, early August, when the trees are pruned, and the harvest would end in early summer, late December. The second or off-season growing season would start in early summer, early January, when the trees are again pruned and the budburst stimulator, such as hydrogen cyanamid, is applied to the canes, and the harvest would end in middle autumn, middle May.

It is known that budburst stimulators can be used to anticipate cycle of the late flowering blackberry cultivars (SEGANTINI, 2011; EREZ, 2000; HAWERROTH et al., 2009), modifying flowering period and fruit maturation of temperate fruit species (GEORGE et al., 2002). Thus, the second crop may allow the 3-5 months expansion of blackberries production in warmer subtropical conditions under a very low risk of frost.

The expansion of blackberries to subtropical areas where the climate conditions allow the production of two crops per year, will result in a most efficient use of land and manpower. Besides, it may create the opportunity to potentially get better prices by use of most suitable cultivars with expanded dates of harvest, prolongation of the production season and start of early harvesting. The two crops

per year system also may allow growers to produce fresh blackberry year-round and to fulfill higher demand for processed markets.

Moreover, the cultivation of blackberry cultivars with low chilling requirement under mild winter regions allows the harvest of the fruits before the traditional harvest period of temperate growing areas. It has important marketing impact, since it makes possible the commercialization in periods of lower supply of blackberries.

To finalize, 'Tupy' and 'Xavante' blackberries grown in subtropical mild winter conditions have comparatively unique phenological periods, earlier and shorter than temperate regions. This will improve blackberry cultivation system for consumption as fresh fruits or even processed, showing how quickly the fruit complete its ripening from flowering to harvest, which will allow a better harvest planning and storage infrastructure.

3.5 ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and The World Academy of Sciences (TWAS) for financial support.

3.6 REFERENCES

- ALBURQUERQUE, N.; GARCIA, M. F.; CARRILLO, A.; BURGOS, L. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.64, p.162-170, 2008.
- ANTUNES, L. E. C.; CHALFUN, N. N. J.; REGINA, M. A.; HOFFMANN, A. Blossom and ripening periods of blackberry varieties in Brazil. **Journal of American Pomological Society**, Ohio, v.54, n.4, p.164-169, 2000.
- 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.; RASEIRA, M. C. B. **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 54p. (Documentos, 122).
- ATTÍLIO, L. B. **Avaliação fenológica, produtividade, curva de crescimento, qualidade dos frutos e custos de produção de amoreira-preta cv. Tupy**. 2009. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia–Especialidade em Sistemas de Produção Vegetal). Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira-UNESP. Ilha Solteira, 2009.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MULLER, M. M. L. Somatória de horas de frio e de unidades de frio em diferentes regiões do estado do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.7, n.1, p.89-96, 2006.

BELING, R. R. **ANUARIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. 2014, p.12-13.

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

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM.

CHILDERS, N. F.; LYRENE, P. M. **Blueberries for growers, gardeners, promoters**. Florida: E. O Painter Printing Company, 2006, 266p.

CLARK, J. R.; JAMES, N. M.; JOSE, L. Z. M. 'Prime-Jan' ('APF-8') and 'Prime-Jim' ('APF-12') primocane-fruited blackberries. **HortScience**, Alexandria, v.40, n.3, p.852-855, 2005.

CLARK, J. R.; FINN, C. E. Cultura da amora-preta no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.46-57, 2014.

DALE, A.; SAMPLE, A.; KING, E. Breaking dormancy in red raspberries for green house production, **HortScience**, Alexandria, v.38, p.515-519, 2003.

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

EREZ, A. Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: Erez A, editor. **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 2000, p.17-48.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. D. S.; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.109-120, 2011.

FEAR, C. D.; MEYER, M. D. L. Breeding and variation in *Rubus* germplasm for low winter chill requirement. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.352, p.295-304, 1993.

GEORGE, A. P.; BROADLEY, R. H.; NISSEN, R. J.; WARD, G. Effects of new rest breaking chemicals on flowering, shoot production and yield of subtropical tree crops. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.575, p.835-840, 2002.

GLOZER, K.; INGELS, C. Effect of dormant application timing in 'Bartlett' Pear. **HortScience**. Amsterdam, v.41, n.4, p.1031, 2006.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, New York, v.55, p.481-504, 2000.

- HOOVER, E.; LUBY, J.; BEDFORD, D.; PRITTS, M.; E. HANSON, E.; DALE, A.; DAUBENY, H. Temperature influence on harvest date and cane development of primocane-fruiting red raspberries. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.262, p.297-303, 1989.
- HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; HERTER, F. G.; LEITE, G. B.; LEONETTI, J. F., MARAFON, A. C.; SIMÕES, F. Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.961-971, 2009.
- JACOBS, J. N.; JACOBS, G.; COOK, N. C. Chilling period influences the progression of bud dormancy more than does chilling temperature in apple and pear shoots. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, p.77, v.333-339, 2002.
- JAVANSHAH, A. Global warming has been affecting some morphological characters of pistachio trees (*Pistacia vera* L.). **African Journal of Agriculture Research**, v.5, p.3394-3401, 2010. Available from: <http://www.academicjournals.org/AJAR>. Accessed: Mar. 13, 2015. doi: 10.5897/AJAR10.247.
- LYRENE, P. M. Breeding low chill Blueberries and peaches for subtropical areas. **HortScience**, Alexandria, v.40, n.7, p.1947-1949, 2005.
- MOORE, J. N.; SANTOS, A. M.; CLARK, J.; RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C. Cultivar de Amora-preta Xavante. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004. p.214-217. (Documentos, 123).
- MOORE, J. N.; CALDWELL, J. D. **Rubus**, In: A. H. Halevy (ed.). CRC handbook of flowering. CRC Press, Boca, Raton, Fla. v.4, p.226-238, 1985.
- MOORE, J. N. Blackberry breeding. **HortScience**, Alexandria, v.19, p.183-185, 1984.
- PASCALE, A. J.; DAMARIO, E. A. **Bioclimatologia agrícola y agroclimatologia**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2004. 550p.
- PEDRO, M. J.; SENTELHAS, P. C. Clima e produção. In: POMMER, C. V. **UVA: tecnologia de produção, pós colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p.63-107.
- PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B. Phenology of wild apple species like pollinators of Gala and Fuji cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.868-874, 2008.
- POWELL, L. E. Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate-zone woody plants. **HortScience**, Alexandria, v.22, p.845-850, 1987.
- RASEIRA, M. C. B.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L. E. C. **Aspectos técnicos da cultura da framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 22p. (Documentos, 120).

- RICCE, W. S.; CARAMORI, P. H.; ROBERTO, S.R. Potencial climático para a produção de uvas em sistema de dupla poda anual no estado do Paraná. **Bragantia**. Campinas, v.72, p.408-415, 2013.
- SALINERO, M. C.; VELA, P.; SAINZ, M. J. Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.121, p.27-31, 2009.
- SCARIOTTO, S.; CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; SACHET, M. R.; PENSO, G. A. Adaptability and stability of 34 peach genotypes for leafing under Brazilian subtropical conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.155, p.111-117, 2013.
- SANTOS, A. M.; RASEIRA, M. C. B. **Lançamento de cultivares de amoreira-preta**. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT, 1988. 7p. (Informativo, 23).
- SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; RIPARDO, A. K. S.; AURICCHIO, M. G. R. Growth regulators use for dormancy breaking and influence in blackberry. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, p.275-280, 2011.
- SHERMAN, W. B.; LYRENE, P. M. Breeding early-ripening blueberries for Florida, **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, v.97, p.322-325, 1984.
- STRIK, B.; CLARK, J. R.; FINN, C. E.; BULLER, G. Management of primocane-fruiting blackberry to maximize yield and extend the fruiting season. Proc. IX. International *Rubus* and *Ribes* Symposium. **Acta Horticulturae**, Leuven. 777, p.423-428, 2008.
- TOURÓN, E. C. **Análisis Comparado de la Fenología del cv. Mencía**. 2005. 189p. Proyecto fin de carrera (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Vigo, Vigo, 2005.
- TAKEDA, F.; STRIK, C. B.; PEACOCK, D.; CLARK, J. R. Winter pruning affects yield components of 'Black Satin' eastern thornless blackberry. **HortScience**, Alexandria v.31, n.1, p.101-103, 2002.
- TAKEDA, F.; DEMCHAK, K.; WARMUND, M. R.; HANDLEY, D. T.; GRUBE, R.; FELDHAK, C. Row covers improve winter survival and production of western trailing 'Siskiyou' blackberry in the Eastern United States. **HortTechnology**, Alexandria, v.4, n.18, p.575-582, 2008.
- TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; NOGUEIRA, N. A. M. **Tecnologia para produção de uva Itália na região noroeste do Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: CATI, 1998. 58p (Documento Técnico, 97).
- TYLER, G. Relationships between climate and flowering of eight herbs in a Swedish deciduous forest. **Annals of Botany**, London, v.87, p.623-630, 2001.
- VILLA, N. A.; PEDRO, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, v.30, n.30, p.1-8, 1972.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C. A.; DUTRA, L. F. Propagation of blackberry using of woody cutting. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.829-834, 2003.

VOLK, G. M.; OLMSTEAD, J. W.; FINN, C. E.; JANICK, J. The ASHS outstanding Fruit cultivar award: A 25-year Retrospective. **HortScience**, Alexandria, v.48, n.1, p. 4-12, 2013.

WESTWOOD, M. N. **Temperate-zone: Pomology, Physiology and Culture**. Timber Press, 3rd ed., Portland, Ore., 2009, 536p.

4 ARTIGO B: PERFORMANCE OF BLACKBERRY CVS. TUPY AND XAVANTE UNDER SUBTROPICAL CONDITIONS

4.1 ABSTRACT

An increasing interest in blackberry consumption worldwide demands higher production, both for fresh and processed industries. The blackberry cultivation in subtropical conditions may extend worldwide production area by using high yielding cultivars. The objective of this work was to evaluate the performance of blackberry cvs. Tupy and Xavante under subtropical conditions, aiming the availability of cultivars with improved yield and adaptation to low input conditions. The experiment was conducted at Experimental Station of Londrina State University, PR, Brazil, during two consecutive seasons, 2013 and 2014. The experimental design was a completely randomized, with five replications; each plot was composed of five trees of each cultivar. The variables evaluated were: length, diameter, weight, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA ratio, pH, color, total anthocyanins and polyphenols concentration of berries, yield and percent yield accumulation. Considering all the variables evaluated, 'Xavante' presented lower berry physical characteristics and yield than 'Tupy', but had good chemical characteristics (TSS and pH) and early percent yield accumulation. 'Tupy' produced fruits of large size with optimum TSS and pH, had an attractive color, and obtained high yield and higher percent yield accumulation towards end of harvest season. The production of these cultivars in subtropical conditions can be a good choice for growers to commercially produce fruits for fresh consumption and processed industry due to good yield and optimum quality attributes. Both 'Tupy' and 'Xavante' will allow growers to easily produce fresh blackberries in several subtropical areas with early harvest to fulfill demand of market for fresh consumption, with expanded date of harvest.

Key Words: Small fruits, *Rubus* sp., Growing condition, Agronomic characteristics, Crop yield.

4.2 INTRODUCTION

The change in the eating habits and the increase of purchasing power of the population in some countries has increased the demand of fresh fruits production. Among the fruit species options with good prospects for growing and marketing are the “small fruits”, such as blackberry (RASEIRA et al., 2004).

Botanically designated as *Rubus* subgenus *Rubus* Watson., blackberry belongs to Rosaceae family and has become an important cultivated specie in American countries, such as Mexico, United States and more recently, Brazil (CLARK; FINN, 2014). Native to Asia, Europe and America, and well suited to regions with well-defined winter (MOORE, 1984), it is considered as a good cultivation option for small-scale growers, due the low cost of development, maintenance of orchards, and quick high economic return (ANTUNES et al., 2000; 2002).

Because of the presence of phenolic compounds, vitamin C, which can help prevent degenerative diseases (ALI et al., 2011; TIWARI et al., 2009), natural pigments, mainly anthocyanins, which provide attractive colorants for the food industry (ACOSTA-MONTOYA et al., 2010), the use of blackberries has increased for production of nutraceutical products, such as yogurt, jellies, sweets and juices, as well as being sold as fresh fruit, and also in the form of frozen pulp (HUSSAIN et al., 2014; ANTUNES et al., 2014).

Thus, there is a need of expansion of blackberry growing area, because in some countries, the traditional temperate zones are not sufficient to attend the expanded market and overall increase in consumption worldwide. So, it is necessary the production of blackberries in regions with favorable climatic conditions all well, such as subtropical zones (ANTUNES, 2002; STRIK et al., 2008).

Tupy is one of the major blackberry cultivar worldwide due to its high yield and fruit quality (VOLK et al., 2013; CLARK; FINN, 2014). Xavante, another important cultivar, presents absence of thorns, early maturing, low chilling and high production (MOORE et al., 2004, FACHINELLO et al., 2011), but few information regarding the behavior of both cultivars under subtropical area is available.

For this reason, the number of blackberry growers is still limited in subtropical areas (ANTUNES et al., 2014), mainly due to the lack of research,

inappropriate use of cultivars to a specific market segment, use of cultivars not adapted to climatic conditions and inadequate management of harvest (PIO, 2008).

Considering the aspects above, the present study was conducted to study the performance of blackberry cvs. Tupy and Xavante under subtropical conditions, aiming the availability of cultivars with improved yield and adaptation to low input conditions.

4.3 MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted at Experimental Station of Universidade Estadual de Londrina, PR, Brazil (latitude 23°23 S, longitude 51°11 W and elevation of 566m), during two consecutive seasons, 2013 and 2014. According to the Köppen classification, the climate of region is Cfa (subtropical climate), with an average temperature in the coldest month is below 18 °C (mesothermal), and average temperature in the hottest month is above 22 °C, with an average annual rainfall of 1,507 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). The texture of soil is composed of 81% clay, 8% silt and 11% sand.

Nursery trees of two blackberry cultivars (*Rubus* sp.), Tupy and Xavante, were produced according of Villa et al. (2003) methodology, obtained from stock trees belonging to Embrapa Temperate Climate, Pelotas, Brazil. The experimental design was complete randomized, with five replications; each plot was composed of five trees of each cultivar. The nursery trees were spaced at 3 m between rows and 1 m between plants in November 2012.

As blackberry flowering and harvest stages continuous occur during several weeks, physicochemical characteristic of fruits of each blackberry cultivar was evaluated weekly from the beginning of the fruit harvest, collected by hand and disposed in plastic boxes early in the morning. Then, the following variables were evaluated: length, diameter, weight, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), maturation index (TSS/TA), pH, color, total anthocyanins and polyphenols concentration of berries, and yield.

Samples of 20 berries per plot of each cultivar were used to determine the fresh weight (g), diameter (cm) and fruit length (cm), using a scale and a digital caliper. For TSS analysis, samples of 50 berries of each plot were squeezed and the juice obtained was analyzed in digital refractometer with automatic

temperature compensation (Model DR301-95, Kruss Optronic, Germany), and the result were expressed in °Brix. Then, measurements of TA content was obtained by titration of juice with standardized solution of 0.1N NaOH, adopting pH=8.2 as end point. The result was expressed as percentage of citric acid (Instituto Adolfo Lutz, 1985). Prior TA evaluation, pH of juice was also obtained.

The berry skin color of each cultivar was analyzed using the colorimeter Minolta CR-10[®], and variables obtained from the equatorial portion: L^* (lightness), C^* (saturation) and h° (hue) (TULLIO; AYUB, 2013). Lightness values may range from 0 (black) to 100 (white). Chroma indicates the purity or intensity of color, the distance from gray (achromatic) towards a pure chromatic color and is calculated from the a^* and b^* values of CIELab scale system, starts from zero for a completely neutral color and does not have an arbitrary end, but intensity increases with magnitude. Hue refers to the color wheel and is measured in angles; green, yellow and red correspond to 180°, 90° and 0°, respectively (LANCASTER et al., 1997; MACGUIRE, 1992; PEPPI; FIDELIBUS; DOKOOZLIAN, 2006)

The analysis of total anthocyanins concentration in berries of each cultivar was carried out according to Clement and Galli (2013). For the extraction of anthocyanins, samples of 50 g of fruit per plot were used. Samples were grinded and mixed with 200 mL of extract solution (70 mL of 70% ethanol and 30 mL of 0.1% HCl, pH 2.0) for 2 minutes and then transferred to a beaker covered with Parafilm and aluminum paper, and the samples were kept in the dark for 12 hours at 4°C. The solution was then filtered off and the contents transferred to a 250 mL volumetric flask, completed with the extract solution. An aliquot of 2 mL was taken and transferred to a 25 mL volumetric flask, completing the volume with the extract solution, and then left for 2 hours in the dark at room temperature. The extract solution was used as "blank." The absorbance of each sample was determined at 535 nm in a spectrophotometer (Thermo Scientific; Genesys TM, UV-VIS 10S) and the results were expressed as milligrams of anthocyanins per 100 g of fruit ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

The total polyphenol concentration of fruits was determined by the Folin-Ciocalteu method in a spectrophotometer (BORGES et al., 2013; SINGLETON et al., 1999). Samples of 30 fruits per plot were grinded and then 5 g were homogenized with 50 mL of 50% ethanol for 2 minutes and centrifuged at 3,500 rpm for 5 min. An aliquot of 0.2 mL of extract was mixed with 1.8 mL of distilled water and

10 mL of Folin-Ciocalteu 10% solution. The absorbance of each sample was measured after 15 min at 765 nm using a spectrophotometer (Thermo Scientific; Genesys TM, 10S UV-Vis). The sample "blank" was prepared with water instead of the extract. The determination of total polyphenols was calculated from the calibration curve obtained with gallic acid. The results were expressed as milligrams per 100 g of total polyphenols ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) (gallic acid equivalents).

Production per tree of each cultivar (kg/tree) was obtained by the summation of each weekly harvest mean, and the yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) was then estimated according to the orchard density. The percentage distribution of cumulative yield over the weeks was also obtained for each cultivar.

The data were submitted to Student's test for independent samples with homogeneity of variances verification with means and standard deviation with 5% level of significance (MCDONALD, 2008).

4.4 RESULTS AND DISCUSSION

Among the blackberry fruit characteristics, one of the most appreciated by consumers is the size. The berry weight also has a direct effect on the marketability and acceptance of blackberries in both fresh market and processing, and has a strong influence on yield. Traditionally, large fruit are preferred by consumers, and also serve the processed industry (CLARK; FINN, 2011).

Regarding the length, diameter and weight of berries, significant differences were observed, where 'Tupy' attained the higher means in both seasons (Table 4.4.1). These traits are believed to be a genetic characteristic of varieties and also, the subtropical climate seems to be appropriate and may favor a proper size and weight for berry development (EYDURAN; EYDURAN; AGAOGLU, 2008; ANTUNES; RASEIRA, 2004). In addition, the fruit size and weight observed for 'Tupy' were higher than 'Xavante', irrespective of seasons. The optimum fruit quality under subtropical conditions observed for both cultivars indicates that fruits of 'Tupy' and 'Xavante' are suitable for fresh marketing (FERNANDEZ; BALLINGTON, 2010).

Table 4.4.1 - Means of fruit length, diameter and weight of blackberry cvs. Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.

Cultivar	Fruit length		Fruit diameter		Fruit weight	
	(cm)		(cm)		(g)	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Tupy	2.8 ± 0.04*	2.8 ± 0.06*	2.1 ± 0.06*	2.3 ± 0.03*	6.0 ± 0.20*	6.2 ± 0.11*
Xavante	2.3 ± 0.06	2.4 ± 0.06	1.9 ± 0.03	1.9 ± 0.03	4.4 ± 0.51	5.1 ± 0.10

Student test for independent samples with homogeneity of variances verification with means ± standard deviation *: significant ($p < 0.05$).

Regarding the chemical characteristics of berries, one of the most important is total soluble solids (TSS), used as an indirect measure of sugar content (CHITARRA; CHITARRA, 2005). However, no significant difference was observed regarding this variable when the cultivars are compared in both seasons. The TSS content observed for 'Tupy' and 'Xavante' in this study favors the better use of both cultivars for numerous purposes, such as fresh fruits and processed products, as for blackberries, 10 °Brix is an optimum value of good flavor (CLARK; FINN, 2011). In other hand, a lower TSS content was observed in a temperate region for 'Tupy' and 'Xavante', 9 and 8 °Brix, respectively (ANTUNES; RASEIRA, 2004), and those findings clearly indicate that when both cultivars are grown in a subtropical climate, a positive difference may be observed regarding quality attributes such as TSS, due to good response of these cultivars to different environmental condition (PRANGE; DEELL, 1997).

Titrateable acidity (TA) and TSS/TA ratio are important berry quality characteristics related to flavor, indicating proper time of harvest (SHAW, 1988; CORDENUNSI et al., 2002; VRHOVSEK et al., 2008). The pH is also an important characteristic for industrial use for making jam and jellies, where fresh fruits of pH 3.0-3.2 are preferred (CETEC, 1985). Significant differences were observed for TA and TSS/TA during seasons 2013 and 2014, where the lower means of TA were observed for 'Tupy' (Table 4.4.2), and regarding TSS/TA ratio, 'Tupy' attained higher

Table 4.4.2 - Means of total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA and pH of blackberry cvs. Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.

Cultivar	TSS (°Brix)		TA (% citric acid)		TSS/TA		pH	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Tupy	10.9 ± 0.3 ^{ns}	11.3 ± 0.2 ^{ns}	1.2 ± 0.07 [*]	1.2 ± 0.05 [*]	9.1 ± 0.3 [*]	9.5 ± 0.6 [*]	3.2 ± 0.03 ^{ns}	3.1 ± 0.04 [*]
Xavante	10.8 ± 0.2	11.1 ± 0.3	1.4 ± 0.04	1.3 ± 0.05	7.9 ± 0.5	8.7 ± 0.4	3.2 ± 0.04	3.3 ± 0.04

Student test for independent samples with homogeneity of variances verification with means ± standard deviation ^{*}: significant (p<0.05). ^{ns}: non significant.

means than 'Xavante'. The pH recorded in fully ripe blackberries showed low values due to their natural characteristics of acidic to sweet-acidic taste, which is desirable attribute for processing industry and fresh consumption. Thus, the lower TA observed for 'Tupy' and the optimum TSS/TA ratio make them a good option for fresh consumption as reported by Lewers, Wang and Vinyard (2010), whom reported that the good flavor experience for blackberry was obtained with a TSS/TA ratio of around 10, and that is achieved with high levels of each component or moderate TSS and low TA.

Berry color is an important variable for producers and consumers, for indicating whether or not the present berry conditions are ideal for marketing and consumption. In other words, it is an indirect parameter that indicates berry ripening. In 2013 season, no difference between cultivars was observed for lightness (L^*), what indicates dark black skin color (Table 4.4.3). For saturation (C^*), it was observed that 'Tupy' in both seasons presented higher means than 'Xavante', indicating more pure color. For hue angle (h°), it was observed a significant difference between both blackberry cultivars, in which 'Tupy' attained higher means when compared to 'Xavante'. Both cultivars presented similar color attributes, with the full dark shiny black color, with no red or reddish drupelets at time of harvest, what is in accordance with consumer preferences (HIRSCH et al., 2012). Further, as blackberries are non-climacteric fruits, in this trial they were harvested at full ripe, and were ready for consumption for their maximum quality and color attributes (CORDENUNSI et al., 2002).

Table 4.4.3 - Means of lightness (L^*), saturation (C^*) and hue angle (h°) of blackberry cvs. Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.

Cultivar	L^*		C^*		h°	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Tupy	18.1 ± 0.4 ^{ns}	18.2 ± 0.4 [*]	2.7 ± 0.2 [*]	2.5 ± 0.2 [*]	134.3 ± 4.4 [*]	133.1 ± 4.9 [*]
Xavante	18.3 ± 0.3	19.2 ± 0.5	2.3 ± 0.2	2.2 ± 0.2	125.0 ± 5.2	125.6 ± 12.5

Student test for independent samples with homogeneity of variances verification with means ± standard deviation ^{*}: significant (p<0.05). ^{ns}: non significant.

Another way to evaluate the adaptation of blackberries in a new area is by means of pigments concentration. The black skin color of blackberries are due

to accumulation of anthocyanins, a natural group of pigments that are composed of organic compounds produced by plants, creating color due to absorbance of light in the wavelength range (DELGADO-VARGAS; JIMÉNEZ; PAREDES-LÓPEZ, 2000; HARI; PATEL; MARTIN, 1994). In addition to promoting the color, anthocyanins are powerful antioxidants, reducing free radicals (TAIZ; ZEIGER, 2004; GIUSTI; JING, 2007). However, a non-significant difference was observed for the concentration of total anthocyanin in fresh fruits of both blackberry cultivars (Table 4.4.4).

Table 4.4.4 - Means of total anthocyanins and polyphenols of blackberry cvs. Tupy and Xavante, seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.

Cultivar	Total anthocyanins (mg.100g ⁻¹)		Total polyphenols (mg.100g ⁻¹)	
	2013	2014	2013	2014
Tupy	36.2 ± 3.1 ^{ns}	35.5 ± 2.7 ^{ns}	65.9 ± 6.1 [*]	62.9 ± 6.2 [*]
Xavante	34.4 ± 2.8	34.4 ± 1.6	84.3 ± 7.8	86.3 ± 9.1

Student test for independent samples with homogeneity of variances verification with means ± standard deviation ^{*}: significant (p<0.05).^{ns}: non significant.

The phenolic compounds presented in blackberries, which are substances containing an aromatic ring with one or more hydroxyl substituents and other functional groups, have beneficial effects on human health by also acting to neutralize free radicals (ORAK, 2007; RASTIJA; SANTO; BARBIERI, 2009), and the determination of these compounds in cultivars grown in subtropical area has a major importance, since consumers look for foods which are able to improve life quality. When total polyphenols are analyzed, a significant difference was observed, where 'Xavante' showed higher means than 'Tupy' for both seasons.

The similarity of total anthocyanin concentration in berries for both cultivars can be explained since they were analyzed at full ripe stage, and apparently, all color attributes were fully developed at that moment. However, the polyphenols concentration was higher for 'Xavante' than 'Tupy', and it could be essentially attributed to the genetic variability among cultivars, and not to the subtropical conditions, as observed by Sellappan, Akoh and Krewer (2002), and Jacques et al. (2009). Further, Pantelidis et al. (2007) observed that the anthocyanin and polyphenols concentration were lower in blackberry cultivars with thorns when compared with the thornless ones, and the same trend was observed in this study.

Yield genotype response in a given environmental conditions is considered as basic for any crop in a different growing environment (LEWERS; WANG; VINYARD, 2010). Regarding blackberry cultivars yield, significant differences were observed between cultivars for both 2013 and 2014 seasons. 'Tupy' showed higher production per tree than 'Xavante' over the two crop seasons (Table 4.4.5). It can be observed that 'Tupy' produced in 2014 two fold more than 2013, whereas 'Xavante' maintained the same yield in both seasons.

Table 4.4.5 - Means of production per tree and yield of blackberry cvs. Tupy and Xavante. seasons 2013 and 2014. Londrina, PR, 2015.

Cultivar	Production per tree		Yield	
	(kg/tree)		(kg.ha ⁻¹)	
	2013	2014	2013	2014
Tupy	0.8 ± 0.2*	1.7 ± 0.2*	2,953.5 ± 616.9*	5,561.1 ± 577.5*
Xavante	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	1,639.3 ± 227.5	1,539.9 ± 283.4

Student test for independent samples with homogeneity of variances verification with means ± standard deviation *: significant (p<0.05).

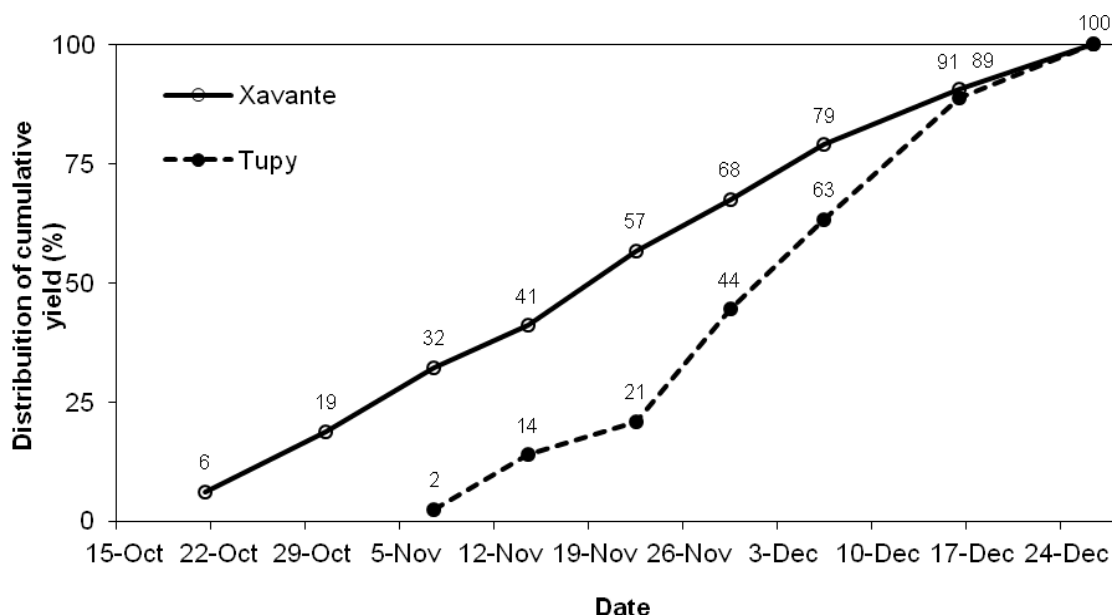
The blackberry yield is a characteristic of major importance, especially when a temperate fruit crop is grown in a subtropical area, and may vary substantially with change of climate. The yield of 'Tupy' was also higher than 'Xavante' in both crop seasons, and the means recorded showed the genetic variations of both cultivars that can perform differently under same environmental conditions, therefore when both cultivars were evaluated at temperate regions of Brazil, showed almost similar production (ANTUNES; GONÇALVES; TREVISAN, 2010; ANTUNES; RASEIRA, 2004).

The production of 'Tupy' blackberry increased over the years, and the means were higher in second season, and these findings are similar to those of Santos, Raseira and Madail (1997), which evaluated 'Tupy' in a temperate region and observed the trend of production increase over three consecutive years. The good yield obtained in first two seasons and the future prospect of higher yield may contribute to encourage growers to cultivate these blackberry cultivars throughout new subtropical areas, which depends of imports to offer this fruit in the market. In other hand, although climate conditions during season could have influenced on

yield, the age of tree was the major factor for lower yield in 2013, as the orchard in this study were established in end of 2012, and fruits were harvested in following seasons. The quick resumption of berries production is due to early completion of juvenile periods than other perennial fruits, like citrus, pome and stone fruits (HACKETT, 1985), which take up to four years to start production. Therefore, the cost of blackberry orchard establishment is directly influenced by lower juvenile periods, which causes a quick source of early return with low inputs, like low cost of plantation, orchard maintenance, and especially, the reduced use of pesticides.

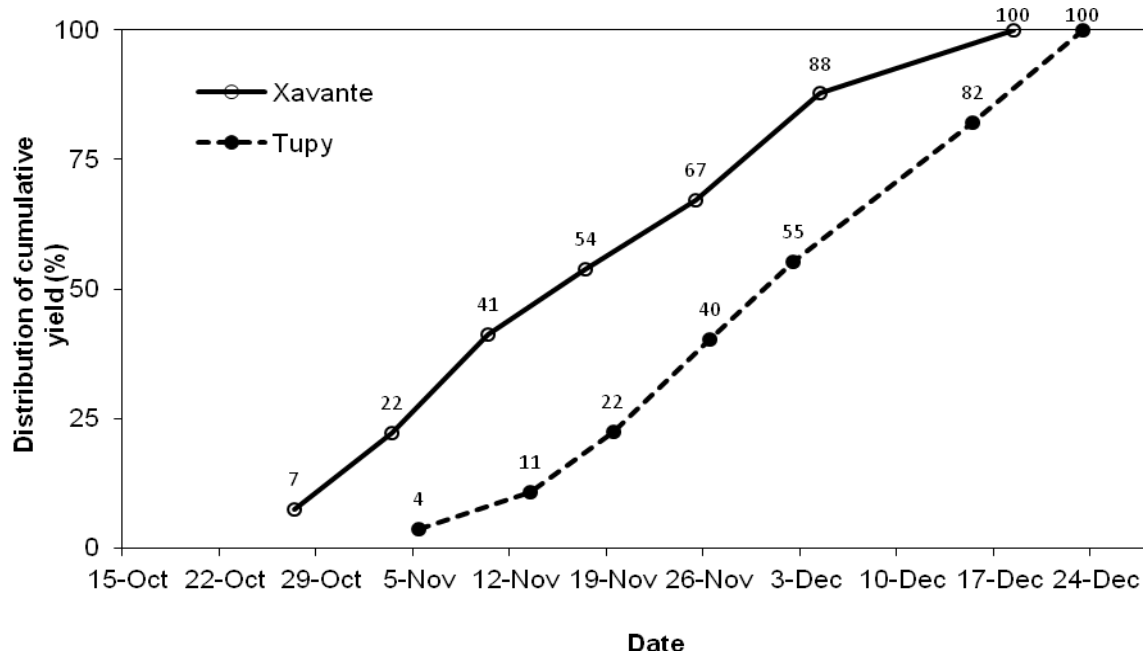
Regarding the distribution of cumulative yield (%), it was observed that during 2013 season, a clear variation between both cultivars. 'Xavante' started the production earlier than 'Tupy', and the percent yield accumulation was equally distributed throughout season, whereas 'Tupy' had higher abrupt yield accumulation from the end of November to mid-December, but harvest of both cultivars ended at same time (Figure 4.4.1).

Figure 4.4.1 - Percentage distribution of cumulative yield of blackberry cvs. Tupy and Xavante. Season 2013. Londrina, PR, 2015.



During 2014 season, there difference of cumulative yield between cultivars was still evident, in which 'Xavante' maintained its early yield accumulation, and 'Tupy' maintained the start of yield and higher accumulation towards end of season (Figure 4.4.2).

Figure 4.4.2 - Percentage distribution of cumulative yield of blackberry cvs. Tupy and Xavante. Season 2014. Londrina, PR, 2015.



As 'Xavante' started the production earlier with gradual consistent increase in percent yield accumulation, 'Tupy' had late start of production and lower yield in beginning, but more evident and higher percent yield accumulation at the end of season. It clearly indicates the possible combined use of both cultivars in a subtropical area to attend both fresh market and processed industry to mark the point for optimum use of blackberries.

An inconsistent weather condition, temperature and rainfall may cause earliness or delay the initiation of blackberries production over years at a same location. However, the blackberry production is more consistent in cultivars with good tolerance to high temperature during flowering under subtropical conditions (TAKEDA et al., 2002). The lower temperature during winter 2013 (Annex 3 and 4), caused 'Tupy' blackberry to resume yield accumulation comparatively later than 'Xavante', whereas in 2014, the winter period was comparatively shorter, causing 'Xavante' to start yield accumulation a week later than 2013. However, the difference become lower towards end of season over time, indicating both cultivars are supposed to respond differently to climate conditions, that cause 'Xavante' to show an earlier harvest than 'Tupy'. Blackberry cultivars that start flowering later in the spring are less likely to be damaged by frost, resulting in more consistent yield (LEWERS; WANG; VINYARD, 2010), but early flowering cultivars can result in early fruiting in

absence of frost, and have the potential for a longer season, resulting in a greater yield.

It is important to state that blackberry cultivars under subtropical conditions started production earlier than some temperate regions of southern hemisphere (ANTUNES; GONÇALVES; TREVISAN, 2010), due to low frost risk and early rise of temperature in spring. It makes the use of these cultivars as a profitable option in extended geographical areas with no or less extreme temperatures. Besides, the use of these cultivars will allow growers to easily produce fresh blackberries in several subtropical areas with early harvest to fulfill demand of market for fresh consumption, and get good prices with expanded date of harvest, once most part of commercialized fruits are imported from temperate areas.

Under subtropical conditions, both 'Tupy' and 'Xavante' were free of any serious cane, leaf or berry disease, and both did not show any physiological disorders like drying of canes, berries shrivel, and flower drop, they are strong candidates for organic production system, an increasingly marked tendency. Due to mild winter conditions, no winter injuries were also noted for both cultivars.

Considering all the variables evaluated for this temperate fruit in subtropical conditions, although 'Xavante' fruits presented lower berry physical characteristics and yield than 'Tupy', and the good chemical characteristics (TSS and pH) and earliness make this cultivar feasible to be grown on a high scale for early harvest and expanded harvest period under subtropical conditions. Besides, the thornless characteristic turns this cultivars a good option to machine harvesting, what is a trend in several locations over wide. It is also a good option for small scale growers and for domestic use. 'Tupy' had overall good adaptation, the fruits presented relatively large size with optimum total soluble solids content, high yield and higher percent of yield accumulation towards end of harvest season. Therefore, this cultivar grown in subtropical conditions can be a good choice for growers to commercially produce fruits for fresh consumption, both at local and distant market. In addition, it is a good option for processed industry due to good quality attributes and high yielding to fulfill their demand. The adaption of these cultivars in regions with mild winter conditions may stimulate growers to produce blackberries with lower limitations than temperate regions, where adverse winter climatic conditions force them to use certain measures like different protection techniques, for growth and development of blackberries.

4.5 ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and The World Academy of Sciences (TWAS) for financial support.

4.6 REFERENCES

- ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, I. D. S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. Produção de Amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.100-111, 2014.
- ANTUNES, L. E. C.; CHALFUN, N. N. J.; REGINA, M. A.; HOFFMANN, A. Blossom and ripening periods of blackberry varieties in Brazil. **Journal of American Pomological Society**, Ohio, v.54, n.4, p.164-169, 2000.
- ANTUNES, L. E. C. Blackberry: A new crop option to Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.151-158, 2002.
- ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Phenology and production of blackberry cultivars in agroecological system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.9, p.1929-1933, 2010.
- ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 54p. (Documentos, 122).
- 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* Schltld.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, Barking, 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**, Amsterdam, v.129, n.3, p.376-381, 2011.
- BORGES, R. S.; SILVA, G. A.; ROBERTO, S. R.; ASSIS, A. M.; YAMAMOTO, L. Y. Phenolic compounds, favorable oxi-redox activity and juice color of 'Concord' grapevine clones. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.161, p.188-192, 2013.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM.
- CETEC. **Manual para fabricação de geléias**. Belo Horizonte, 1985. Caps.3 e 4, p.17-30.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005, 785p.

CLARK, J. R.; FINN, C. E. Cultura da amora-preta no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.46-57, 2014.

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

CLEMENTE, E.; GALLI, D. Stability evaluation of anthocyanin extracted from processed grape residues. **International Journal of Science**, v.2, p.12-18, 2013.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; GENOVESE, M. I.; LLAJALO, F. M. Influence of cultivation quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis v.50, p.2581-2586, 2002.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains-characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.40, n.3, p.173-289, 2000.

EYDURAN, S. P.; EYDURAN, E.; AGAOGLU, Y. S. Estimation of fruit weight by cane traits for eight American blackberries (*Rubus fruticosus* L.) cultivars. **Journal of Biotechnology**, v.7, p.3031-3038, 2008.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J. L.; BETEMPS, D. L. Situation and perspectives of temperate fruit crops in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, p.92-108, 2011.

FERNANDEZ, G. E.; BALLINGTON, J. R. Performance of primocane-fruiting experimental blackberry cultivars in the Southern Appalachian Mountains. **HortTechnology**, v.20, n.6, p.996-1000, 2010.

GIUSTI, M. M.; JING, P. Natural pigments of berries: Functionality and application. In: ZHAO, Y. **Berry fruit: Value-added products for health promotion**. CRC Press: Boca Raton, p.105-146, 2007.

HACKETT, W. P. Juvenility, maturation, and rejuvenation in woody plants. **Horticultural Reviews**, v.7, p.109-155, 1985.

HARI, R. K.; PATEL, T. R.; MARTIN, A. M. An overview of pigment production in biological systems: functions, biosynthesis, and applications in food industry, **Food Reviews. International**, v.10, n.1, p.49-70, 1994.

HIRSCH, G. E.; FACCO, E. M. P.; RODRIGUES, D. B.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Physicochemical characterization of blackberry from the Southern Region of Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.942-947, 2012.

HUSSAIN, I.; ASSIS, A. M.; YAMAMOTO, L. Y.; KOYAMA, R.; ROBERTO, S. R. Indole butyric acid and substrates influence on multiplication of blackberry 'Xavante' **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.10, p.1761-1765, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise dos alimentos. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz,

v.1, p.37, 1985.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Nota científica: Compostos bioativos em pequenas frutas cultivadas na região sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.12, n.2, p.123-127, 2009.

LANCASTER, J. E.; LISTER, C.; REAY, P. F.; TRIGGS, C. M. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruits and vegetables. **Journal of American Society for Horticulture Science**, v.122, p.594-598, 1997.

LEWERS, K. S.; WANG, S. Y.; VINYARD, B. T. Evaluation of blackberry cultivars and breeding selections for fruit quality traits and flowering and fruiting dates. **Crop science**, v.50, n.6, p.2475-2491, 2010.

MCDONALD, J. H. **Handbook of Biological Statistics Sparky House Publishing**, Baltimore, 2008.

MACGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, p.1254-1255, 1992.

MOORE, J. N. Blackberry breeding. **HortScience**, Alexandria, v.19, p.183-185, 1984.

MOORE, J. N.; SANTOS, A. M.; CLARK, J.; RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C. Cultivar de Amora-preta Xavante. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004. p.214-217. (Documentos, 123).

ORAK, H. H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.111, p.235-241, 2007.

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, p.777-783, 2007.

PIO, R. O potencial de novas fruteiras. In: ENCONTRO DE FRUTICULTURA DOS CAMPOS GERAIS, 1., 2008, Ponta Grossa, PR. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2008. p.11-21.

PEPPI, M. C.; FIDELIBUS, M. W.; DOKOOZLIAN, N. Abscisic acid application timing and concentration affect firmness, pigmentation and color of 'Flame Seedless' grapes. **HortScience**, Alexandria, v. 41, p.1440-1445, 2006.

PRANGE, R. K.; DEELL, J. R. Preharvest factors affecting postharvest quality of berry crops. **HortScience**, Alexandria, v.32, p.824-829, 1997.

RASEIRA, M. C. B.; SANTOS, A. M.; BARBIERI, R. S. Classificação botânica,

origem e cultivares. In: ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 25-26p. (Documentos, 122).

RASTIJA, V.; SRECNIK, G.; SARIC, M. Polyphenolic composition of Croatian wines with different geographical origins. **Food Chemistry**, Barking, v.115, p.54-60, 2009.

SANTOS, A. M.; RASEIRA, M. C. B.; MADAIL, J. C. M. **Amora-preta**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1997. 61p.

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

SHAW, D. V. Genotypic variation and genotypic correlation for sugars and organic acids of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.113, p.770-774, 1988.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagents. In: **Methods in Enzymology, Oxidant and Antioxidants**, San Diego: Academic press, v.299, p.152-178, 1999.

STRIK, B. C.; CLARK, J. R.; FINN, C. E.; BAÑADOS, M. P. Worldwide production of blackberries. **Acta horticulturae**, The Hague, v.777, p.209-218, 2008.

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

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

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.

TULLIO, L.; AYUB, R. A. Production of blackberry cv. Tupy, depending on the intensity of pruning. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.3, p.1147-1152, 2013.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C. A.; DUTRA, L. F. Propagation of blackberry using of woody cutting. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.829-834, 2003.

VOLK, G. M.; OLMSTEAD, J. W.; FINN, C. E.; JANICK, J. The ASHS outstanding Fruit cultivar award: A 25-year Retrospective. **HortScience**, Alexandria, v.48, n.1, p. 4-12, 2013.

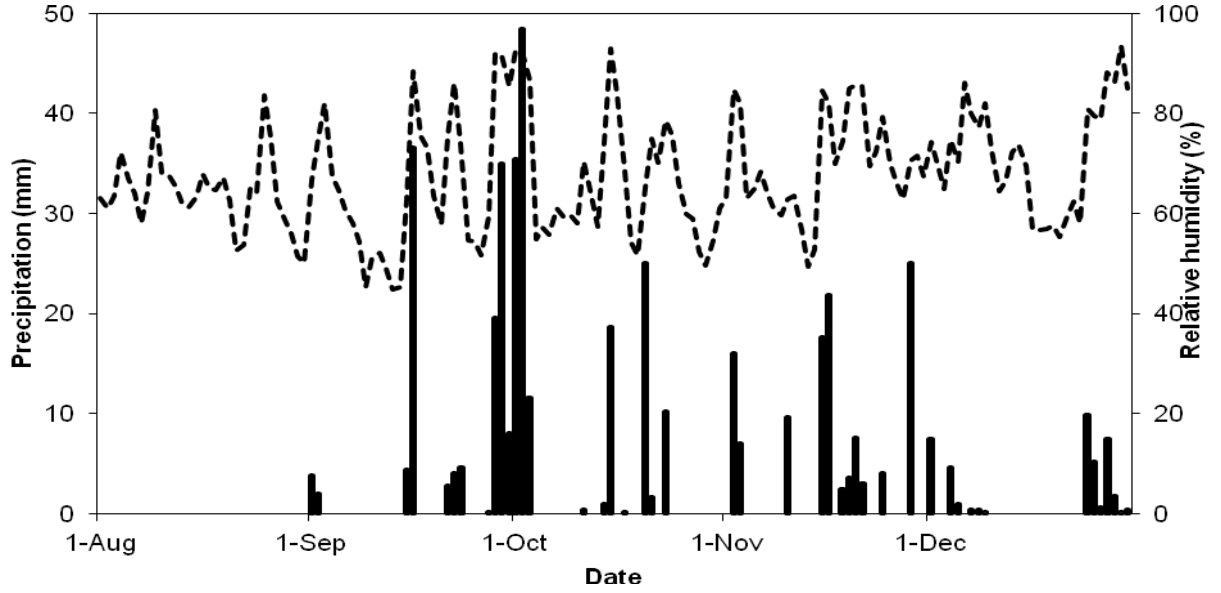
VRHOVSEK, U.; GIONGO, L.; MATTIVI, F.; VIOLA, R. A survey of ellagitannin content in raspberry and blackberry cultivars grown in Trentino (Italy). **European Food Research and Technology**, v.226, p.817-824, 2008.

ANEXOS

ANNEX A

Daily precipitation (mm) and relative humidity (%) during blackberry production.

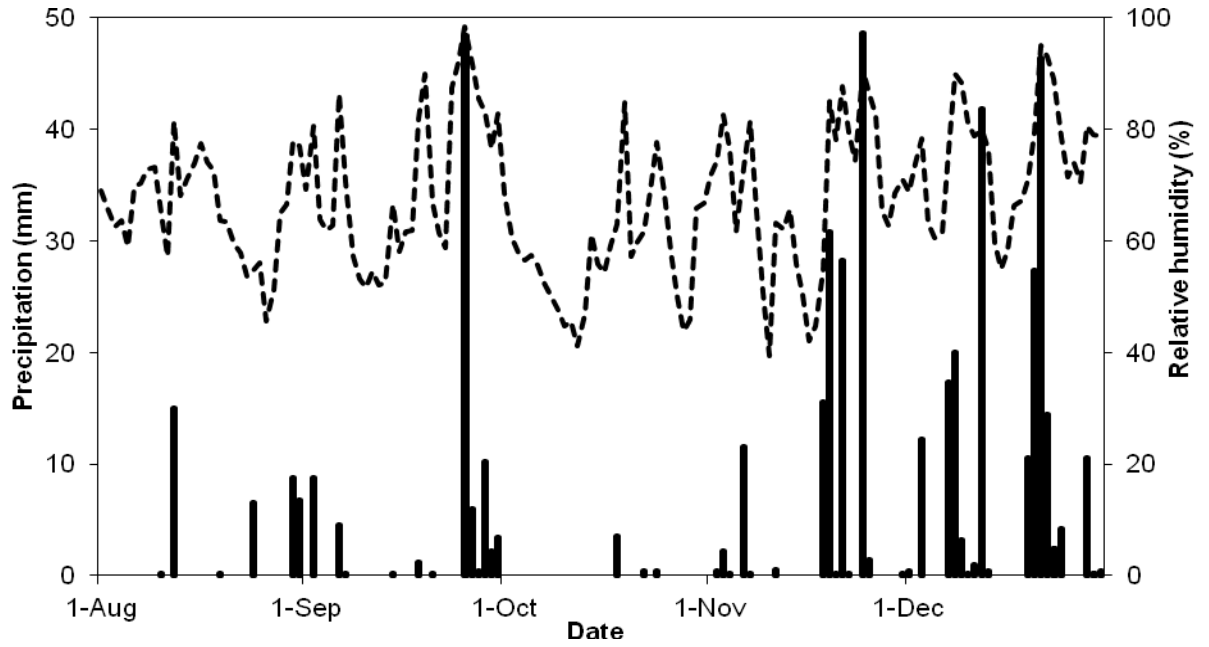
Season 2013. Londrina, PR, 2015.



ANNEX B

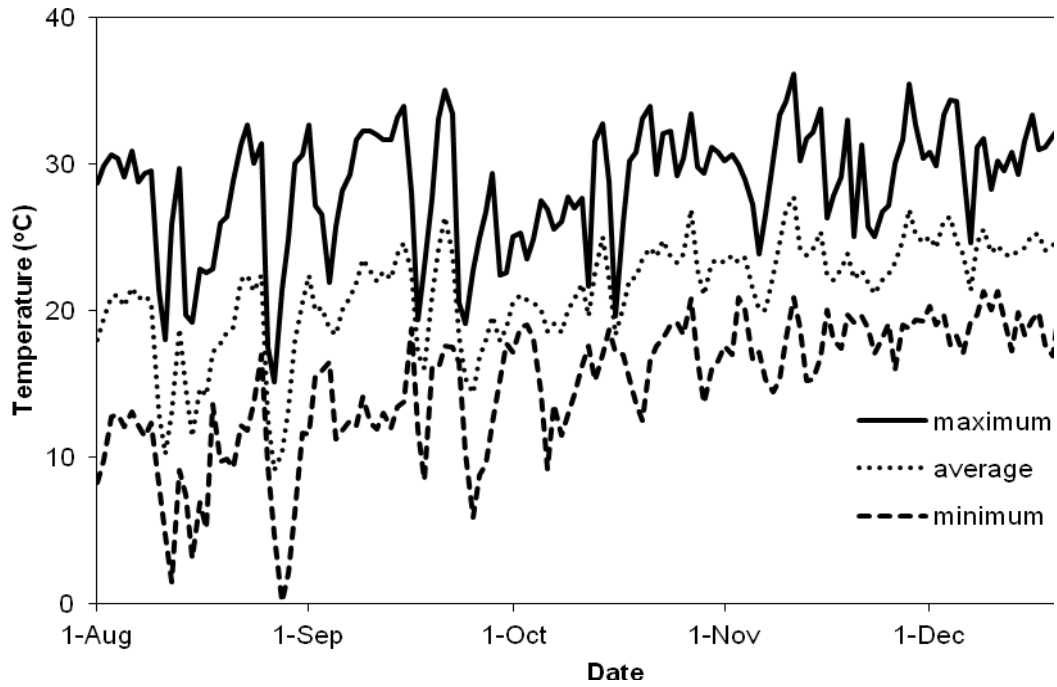
Daily precipitation (mm) and relative humidity (%) during blackberry production.

Season 2014. Londrina, PR, 2015.



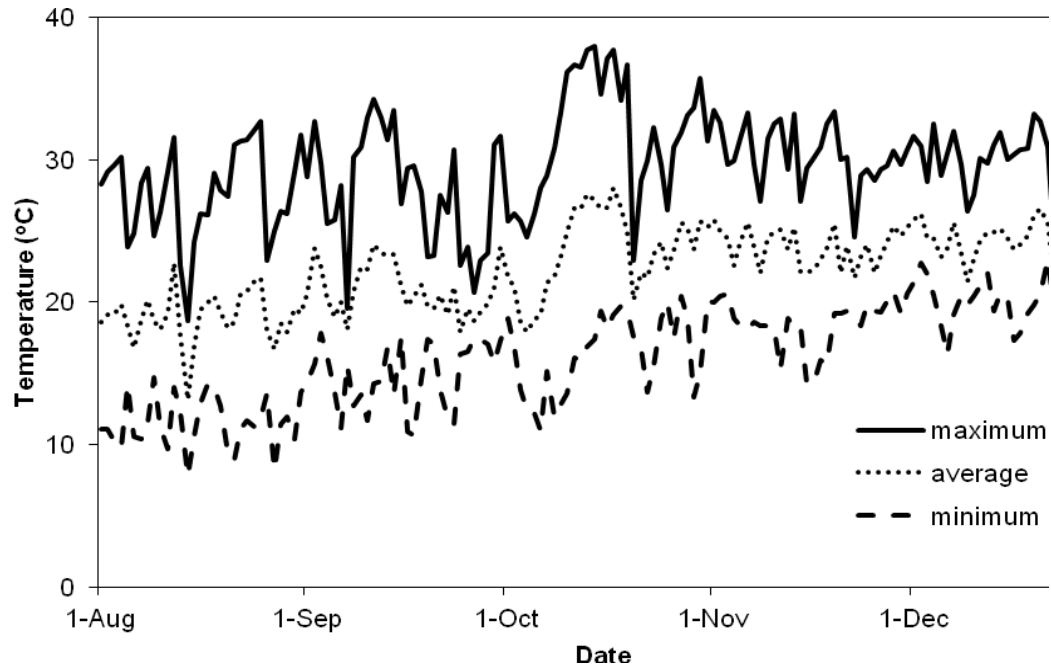
ANNEX C

Maximum, average and minimum daily temperature (°C) during blackberry production. Season 2013. Londrina, PR, 2015.



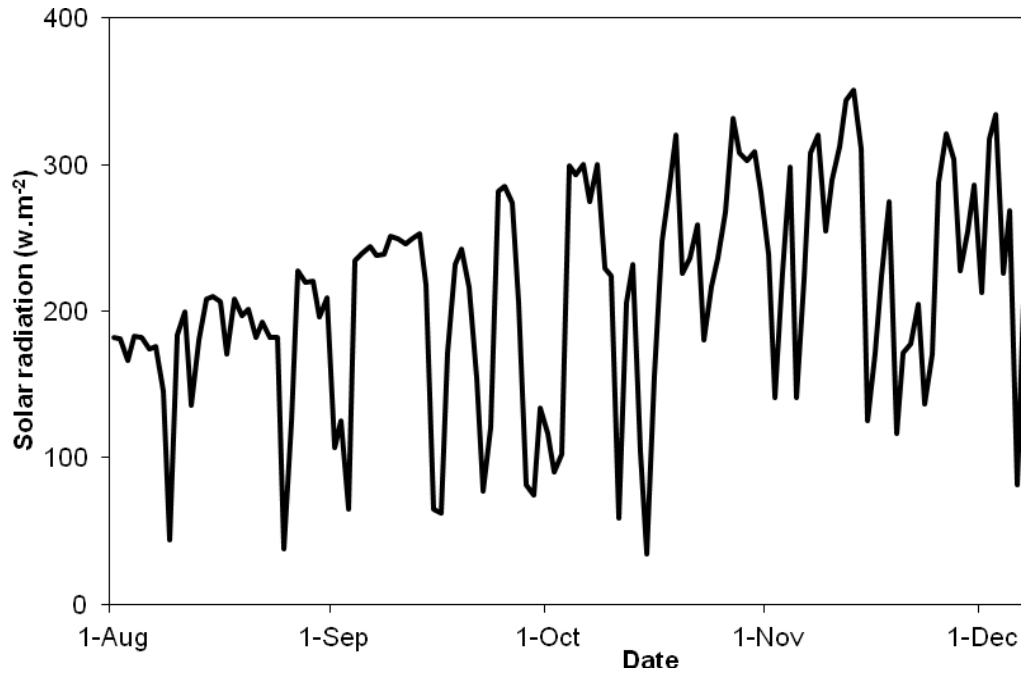
ANNEX D

Maximum, average and minimum daily temperature (°C) during blackberry production. Season 2014. Londrina, PR, 2015.



ANNEX E

Daily solar radiation ($W.m^{-2}$) during blackberry production. Season 2013. Londrina, PR, 2015.



ANNEX F

Daily solar radiation ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) during blackberry production. Season 2014.Londrina, PR, 2015.

