



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

GEOVANNA CRISTINA ZARO

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO ABACATEIRO NO
ESTADO DO PARANÁ PARA PRODUÇÃO DE
BIOCOMBUSTÍVEIS**

GEOVANNA CRISTINA ZARO

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO ABACATEIRO NO
ESTADO DO PARANÁ PARA PRODUÇÃO DE
BIOCOMBUSTÍVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Bioenergia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Bioenergia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Caramori

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Z38z Zaro, Geovanna Cristina.
Zoneamento agroclimático do abacateiro no estado do Paraná para produção de biocombustíveis / Geovanna Cristina Zaro. – Londrina, 2013.
80 f. : il.

Orientador: Paulo Henrique Caramori.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Plantas oleaginosas na produção de biodiesel – Teses. 2. Óleo de abacate – Teses. 3. Fenologia vegetal – Teses. 4. Abacate – Cultivares – Teses. 5. Vegetação e clima – Teses. I. Caramori, Paulo Henrique. II. Morais, Heverly. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. IV. Universidade Estadual de Maringá. V. Universidade Estadual de Ponta Grossa. VI. Universidade Estadual do Centro-Oeste. VII. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. VIII. Título

CDU 662.755

GEOVANNA CRISTINA ZARO

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO ABACATEIRO NO ESTADO
DO PARANÁ PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Bioenergia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Bioenergia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Caramori
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Cássio Egidio Cavenaghi Prete
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dra. Cíntia Sorane Good Kitzberger
Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR

Profa. Dra. Carmen Guedes
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Sergio Luiz Colucci de Carvalho
Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR

Londrina, 21 de março de 2013

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, e ao meu esposo João Carlos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida, pelo seu amor por mim e a oportunidade de mais esta conquista.

Agradeço a meus pais, Moacir Zaro (*in memoriam*), que mesmo ausente está sempre em meu coração e Rosangela Zaro, a minha GRANDE mãe, uma mulher de garra por quem eu tenho uma enorme admiração e orgulho, pelo seu apoio constante e pela educação que me deu.

Ao meu marido João Carlos pelo amor, compreensão e companherismo.

Aos meus irmãos Lucas e Saulo, que me fazem ver a cada dia como é bom tê-los em minha vida, por torcerem por mim e acreditar nos meus sonhos.

Às minhas amigas Angela e Maria Ely, pelas palavras de incentivo, pelos momentos de descontração, pelos abraços e consolos, pelo carinho de mãe.

Ao meu orientador Professor Dr. Paulo Henrique Caramori, primeiramente por me aceitar como sua estagiária, pela honra de ser sua orientada, pelo carinho e abraço de pai, pelas palavras de incentivo, sempre me animando, por despertar em mim o gosto pela pesquisa, com as palavras certas na hora das correções, sempre cuidando para não ofender, pelos ensinamentos, pela amizade e, principalmente, por acreditar em mim.

À minha Co-orientadora Dra. Heverly Moraes, pela sua ajuda, orientação e amizade.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, estagiários do Instituto Agrônomo do Paraná, Bianca, Fernanda, Maria Elisa, Glauco, André, Karita e Cristian, que estavam sempre dispostos a me auxiliar nas atividades em laboratório e campo, pelas conversas e risadas fazendo com que todo o trabalho fosse menos árduo.

Ao Dr. Wilian Ricce pela preciosa ajuda na organização do trabalho e aos colegas e amigos da área de Agrometeorologia do Instituto Agrônomo do Paraná, pelo companherismo e ajuda.

Aos auxiliares de campo da Área de Fruticultura do Instituto Agrônomo do Paraná, Sr. João e Sr. Wilson que foram muito mais que isso, foram verdadeiros amigos sempre dispondo tempo para me acompanhar, dando muita importância ao meu trabalho e dividindo comigo todos os seus conhecimentos.

Aos amigos e colegas do laboratório de Ecofisiologia vegetal, Dra. Cíntia Sorane Good Kitzberger pelos conselhos e palavras de incentivo, grande auxílio nas atividades do laboratório e análise dos resultados, à Isabel pela supervisão nas atividades no laboratório, pelas risadas e amizade, Sr. Ovídio e Benedicta por me ajudarem em tudo o que podiam sempre, e aos estagiários pelas distrações.

Aos pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná, Dr. Sérgio Luiz Colucci de Carvalho, Dr. Getúlio Takashi Nagashima e Dra. Maria Brígida dos Santos Scholz pelas valiosas colaborações e apoios que contribuíram para viabilizar este trabalho.

Às Dras. Giselly Aparecida Andrade e Letícia Trindade Ataíde, aos meus colegas de pós-graduação pelo companherismo e ajuda.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná e seus funcionários, por possibilitarem a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual de Londrina, pela formação.

À Fundação Araucária pelo apoio Financeiro.

Muito obrigada.

“Me recordo de cada flor que veio à
tona só porque tive coragem de cuidar
da semente. Só porque não me
acovardei, mesmo que tantas vezes
com todo medo do mundo”.

Ana Jácomo.

ZARO, Geovanna Cristina. **Título do trabalho: Zoneamento agroclimático do abacateiro no Estado do Paraná para produção de biocombustíveis.** 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar a fenologia de cultivares de abacate na sua fase produtiva e o potencial de produção de óleo e amido, determinar a tolerância à temperaturas mínimas críticas, analisar os riscos climáticos para definir os municípios aptos e determinar os períodos de colheita, visando a expansão desta cultura como alternativa para produção de biodiesel. A caracterização fenológica foi feita em seis cultivares de abacate provenientes da coleção de abacateiros do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (23°23'S, 50°11'W). Foram estudados os ciclos produtivos de grupos de cultivares precoce (Geada e Fuerte), meia estação (Quintal e Fortuna) e tardio (Primavera e Margarida). Os frutos foram analisados quanto às proporções dos componentes (polpa, casca e caroço), e teores de lipídios (polpa) e amido (caroço). Os resultados mostraram que a colheita das cultivares precoces ocorreu no início de março/abril, para as cultivares meia estação a colheita ocorreu em maio/junho e para as tardias julho/agosto, nas condições de Londrina. As cultivares avaliadas são boas alternativas para extração de óleo devido ao alto teor de lipídeos de suas polpas. As mesmas não se diferenciaram estatisticamente em relação ao teor de amido no caroço. A diversidade apresentada mostra o potencial de combinar variedades com diferentes ciclos para a produção prolongada de matéria prima para a indústria de biodiesel, tanto de óleo da polpa como álcool do caroço. Em uma câmara de crescimento, foram realizados tratamentos com temperaturas mínimas de -2,5 °C, -4 °C, -5 °C e -6 °C, comparadas com um controle exposto à temperatura ambiente. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com 4 repetições. Os resultados avaliados por meio da taxa fotossintética das plantas após 1 dia, 7 dias e 21 dias; potencial de pressão; e danos foliares visuais após 21 dias evidenciaram que a temperatura mínima de -4 °C provocou a morte das folhas em 33% das plantas, sob -5 °C houve morte de 66% das plantas e a -6 °C todas as plantas morreram. A cultivar Fuerte apresentou maior tolerância a geada resistindo parcialmente até -5 °C com menores danos. As cultivares Geada e Quintal tiveram um comportamento intermediário, enquanto as cultivares Fortuna, Margarida e Primavera não se recuperaram satisfatoriamente após 21 dias, paralisando o processo de fotossíntese. A Primavera mostrou-se a mais sensível seguida da Margarida e, portanto, devem ser recomendadas somente nas áreas de geadas menos frequentes. O zoneamento do risco climático delimitou três zonas de risco para cultivo e uma área de risco muito elevado não recomendada. Os períodos de colheita das cultivares avaliadas mostrou uma ampla faixa nos municípios aptos, com possibilidade de produção de frutos em grande parte do ano.

Palavras-chave: *Persea americana*. Risco climático. Biodiesel. Tolerância a geadas. Períodos de colheita.

ZARO, Geovanna Cristina. **Agroclimatic zoning of avocado in Parana state for biofuel production**. 2013. 80 p. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

The objectives of this study were to characterize the phenology of avocado cultivars in their productive phase and the potential production of oil and starch, to determine the critical minimum temperature tolerance, to analyze climate risks for municipalities and to determine suitable harvesting periods to support the expansion of this crop as an alternative for biodiesel production. The phenological studies were performed in six cultivars of avocado from the collection of the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR) in Londrina, Brazil (23° 23'S, 50° 11'W). The assessments were made on cultivars of early maturity (Geada and Fuerte), midseason (Quintal and Fortuna) and late maturity (Primavera and Margarida). The fruits were analyzed for the proportions of the components (pulp, peel and seed), lipids (pulp) and starch (seed). The results showed that the early cycles harvest occurred in early March/April, for mid-season cultivars harvest occurred in May/June, and for late in July/August, in the conditions of Londrina. The cultivars analyzed are good alternatives for oil extraction due to the high lipid content of their pulps. They did not differ with respect to starch content in the core. The diversity presented shows the potential of combining cultivars with different cycles to obtain prolonged production of raw material for the biodiesel industry, with the possibility of using both pulp for oil and the core for alcohol. In a growth chamber avocado cultivars were exposed to minimum temperatures of -2.5 °C, -4 °C, -5 °C and -6 °C, compared with a control above ambient temperature. The experimental design was a completely randomized in a factorial design with four replications. The results evaluated by the photosynthetic rate after 1 day, 7 days and 21 days; pressure potential, and leaf damage visually after 21 days showed that the minimum temperature of -4 °C caused the death of the leaves on 33% of plants, under -5 °C there was death of 66% of the plants, and at -6 °C all plants died. The cultivar Fuerte showed higher tolerance to frost, resisting partly to -5 °C with minor damages. Cultivars Geada and Quintal had an intermediate behavior, while the cultivars Fortuna, Margarida and Primavera did not recover satisfactorily after 21 days, paralyzing the process of photosynthesis. The cultivar Primavera proved to be the most sensitive, followed by Margarida, and therefore should be recommended only in areas of less frequent frosts. The zoning of climate risk delineated three zones of risk for cultivation and an area of very high risk not recommended. The harvesting periods of the cultivars showed a wide range across the municipalities climatic apt for planting, with the possibility of fruit production during most of the year.

Keywords: *Persea americana*. Climatic risk. Biodiesel. Frost tolerance. Harvesting periods.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	BIOCOMBUSTÍVEIS	15
2.1.1	O que é Biodiesel	15
2.1.2	Histórico do Biodiesel	16
2.1.3	Mundial	16
2.1.4	Brasil	17
2.1.5	Paraná	17
2.1.6	Vantagens do Biodiesel em Relação ao Diesel	18
2.1.7	Principais Oleaginosas Utilizadas para Produção de Biodiesel	19
2.2	ABACATE (<i>PERSEA AMERICANA</i>)	20
2.2.1	Centro de Origem e Distribuição Geográfica	21
2.2.2	Panorama de Produção do Abacate	22
2.2.2.1	Produção mundial	22
2.2.2.2	Produção no Brasil	23
2.2.2.3	Produção no Paraná	23
2.2.3	Descrição Botânica	24
2.2.3.1	Maturação e colheita dos frutos	26
2.2.4	Utilidades do Abacateiro	27
2.2.5	Vantagens do Abacateiro para Biodiesel	27
2.2.6	Propriedades Oleaginosas	28
2.2.7	Extração do Óleo e Produção de Biodiesel de Abacate	29
2.2.8	Cultivares de abacateiro	30
2.3	ABACATEIRO E O CLIMA DO PARANÁ	31
	REFERÊNCIAS	34
3	ARTIGO A: CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DO CICLO PRODUTIVO DO ABACATEIRO E ACÚMULO DE ÓLEO NO FRUTO VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL	41
3.1	RESUMO	41

3.2	ABSTRACT.....	41
3.3	INTRODUÇÃO	42
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	43
3.4.1	Determinação da Curva de Crescimento dos Frutos	44
3.4.2	Determinação das Porcentagens das Porções Polpa, Casca e Carço.....	43
3.4.3	Determinação de Lipídeos na Polpa dos Frutos	45
3.4.4	Determinação de Amido no Carço dos Frutos	45
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.6	CONCLUSÕES	51
	REFERÊNCIAS	51
4	ARTIGO B: TOLERÂNCIA A GEDA EM ABACATEIROS DE DIFERENTES ORIGENS	54
4.1	RESUMO	54
4.2	ABSTRACT.....	54
4.3	INTRODUÇÃO	55
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	57
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.6	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS	63
5	ARTIGO C: ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO ABACATEIRO NO PARANÁ PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS	65
5.1	RESUMO	65
5.2	ABSTRACT.....	65
5.3	INTRODUÇÃO	65
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	67
5.4.1	Fenologia de Cultivares de Abacate.....	67
5.4.2	Risco Climático	68
5.4.3	Zoneamento dos períodos de colheita	69
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.5.1	Risco Climático	69
5.5.2	Zoneamento dos períodos de colheita.....	72

5.6 CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS	78
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	80

1 INTRODUÇÃO

O abacateiro (*Persea americana*) é nativo do continente americano, sendo considerada uma fruteira de clima tropical com adaptação às condições de clima subtropical (DONADIO, 1995). Como espécie perene e rústica, representa uma excelente alternativa aos cultivos anuais mais vulneráveis às intempéries climáticas, como secas e geadas. Existem inúmeras cultivares de abacate em todo território brasileiro, o que explica os muitos tipos de abacate encontrados, com diferentes formatos, cores e tamanhos. As cultivares são divididas em três tipos ou raças, que são a mexicana, a guatemalense e a antilhana.

Atualmente as melhores opções de produção de biocombustíveis no Brasil ainda continuam sendo a soja para biodiesel e a cana para etanol, devido à disponibilidade de tecnologia e produção em larga escala. Fica evidente a necessidade de encontrar alternativas de diversificação de fontes de produção, com menores riscos e adaptação a outras regiões brasileiras.

Dentre os óleos vegetais que podem ser utilizados como matéria-prima para produção de biodiesel, o óleo do abacate se destaca pelas características similares ao biodiesel de soja, na viscosidade, resíduos de cinzas de carbono, fluidez e ponto de congelamento. Também apresenta vantagens em relação a outras oleaginosas usadas para a produção de biocombustível, pois do mesmo fruto é possível extrair as duas principais matérias-primas do biodiesel o óleo (da polpa) e álcool etílico (do caroço) (MENEZES et al., 2009).

O Brasil destaca-se como um importante produtor de abacate, mas até o presente seu óleo não vem ainda sendo utilizado para produção de biodiesel. A elevada produção de lipídeos a classificam como uma das frutas mais ricas em óleo (15 a 20%). O Paraná possui condições climáticas e solos adequados ao cultivo do abacate, mas o seu potencial precisa ser melhor investigado para dar o suporte adequado à implantação de indústrias de biodiesel.

Existem três raças principais de abacateiros cultivadas comercialmente: mexicana, guatemalense e antilhana. A partir dessas raças surgiram inúmeras cultivares com diferentes exigências climáticas e características de frutos. Um grande número de cultivares de abacate é encontrado nas diversas regiões do território nacional, com potencial para garantir frutos praticamente para

todo o ano, devido a diversidade de ciclos de maturação de diferentes cultivares. Zaro et al. (2012) observaram que combinando cultivares com diferentes épocas de colheita, o produtor pode fornecer frutos no mercado em diferentes épocas e propiciar o suprimento prolongado de matéria-prima para produção de biodiesel.

A cultura do abacateiro pode produzir quantidade de óleo por unidade de área cultivada mais elevada do que algodão, amendoim e soja, de acordo com estudos comparativos realizados por Canto et al. (1980). Por ser uma planta perene, pode ser cultivado em áreas de topografia acidentada com menor impacto ambiental, e possui a vantagem adicional de produzir óleo de seus frutos com propriedades químicas de larga aplicação na indústria (TANGO; TURATTI, 1992).

Esta dissertação se fundamentou nas seguintes hipóteses:

1. Existe uma grande diversidade genética nas cultivares de abacate com potencial de cultivo no Paraná, que possibilita a produção de matéria prima durante grande parte do ano e assim pode viabilizar indústrias de produção de biodiesel dos seus frutos;
2. As condições climáticas paranaenses fornecem ambiente diverso que permite explorar cultivares com diferentes ciclos, dentro de áreas com baixo risco de perdas por eventos climáticos, prolongando os períodos de colheita com elevada produção de óleo.

Assim, com a finalidade de fornecer subsídios para a produção de biodiesel a partir do óleo de abacate no estado do Paraná, foram realizados os trabalhos que resultaram nessa dissertação, organizados em três capítulos descritos a seguir:

No primeiro capítulo realizou-se um estudo da fenologia das variedades representativas de diferentes grupos de ciclo (precoce, médio e tardio). Neste estudo obteve-se as curvas de acúmulo de matéria seca, os teores de óleo nos frutos e amido no caroço, com a finalidade de estabelecer o período de colheita de cada grupo nos municípios paranaenses aptos ao cultivo do abacateiro.

No segundo capítulo realizou-se um estudo das temperaturas letais para cada grupo de cultivar, considerando as diferenças de tolerância ao frio, com a finalidade de subsidiar o zoneamento de risco climático que define os municípios aptos ao cultivo.

Finalmente, no terceiro capítulo realizou-se o zoneamento de risco climático, eliminando os municípios com geadas frequentes de acordo com o nível

de tolerância dos grupos de cultivares, e mapeou-se os períodos de colheita para cada município apto com base na fenologia dos grupos de ciclos de cultivares.

Com as informações disponibilizadas neste trabalho é possível orientar a implantação segura da cultura no estado do Paraná para diversificar a produção de biodiesel.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Biocombustíveis

A busca por combustíveis alternativos vem ganhando destaque nas últimas décadas. A substituição dos combustíveis fósseis tem sido motivada por fatores ambientais, econômicos e sociais, uma vez que toda a sociedade depende de seu uso (OLIVEIRA, 2008). Segundo relatório divulgado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), é possível comprovar a existência do aquecimento global causado pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (CO_2), sendo que a queima de combustíveis fósseis é a atividade que mais tem contribuído para este fenômeno (IPCC, 2011).

Nesse contexto, uma alternativa que tem se destacado é o uso de biocombustíveis. Os biocombustíveis poluem menos, por emitirem menos compostos do que os combustíveis fósseis no processo de combustão dos motores e também porque seu processo de produção é mais limpo (ANP, 2012).

2.1.1 O que é Biodiesel?

Biodiesel é o combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, como gorduras de animais, óleos vegetais “puros” ou já utilizados. É uma mistura de ésteres de ácidos graxos com monoalcoóis de cadeia curta, como o metanol ou o etanol. É obtido por diferentes processos, como craqueamento, esterificação ou transesterificação (SUAREZ; MENEGHETTI, 2007; SUAREZ; MENEGHETTI; WOLF, 2007). Pode ser utilizado puro ou em misturas com óleo diesel derivado do petróleo, em diferentes proporções. Quando o combustível provém da mistura dos dois óleos, recebe o nome da percentagem de participação do biodiesel, sendo B2 quando possui 2% de biodiesel, B20 quando possui 20%, até chegar ao B100, que é o biodiesel puro (SILVA; FREITAS, 2008).

2.1.2 Histórico do biodiesel

Dentre os biocombustíveis o biodiesel surgiu mundialmente como uma alternativa aos combustíveis minerais, derivados do petróleo. Por ter caráter renovável torna o produto uma fonte importante de energia no longo prazo (OLIVEIRA et al., 2008).

O inventor alemão Rudolph Diesel, em 1900, levou à exposição internacional de Paris um motor com novo sistema de funcionamento, chamado de “ciclo Diesel”. O motor era movido com óleo de amendoim e, nas primeiras décadas do século XX, foram utilizados óleos de várias outras espécies vegetais para seu funcionamento. Devido à alta disponibilidade de petróleo no início do século XX e o baixo custo de seu refino, os óleos vegetais foram substituídos pelo óleo refinado de petróleo (MA; HANNA, 1999). Com o aumento no consumo do óleo diesel, a concentração geográfica das jazidas de petróleo e a volatilidade do preço as guerras entre países vêm aumentando, o que já gerou a chamada “crise do petróleo” (SILVA; FREITAS, 2008).

Em decorrência dessas crises houve um incentivo ao desenvolvimento de processos de transformação de óleos e gorduras em derivados com propriedades físico-químicas mais próximas às dos combustíveis fósseis, visando à substituição total ou parcial destes. Durante a Segunda Guerra Mundial o desabastecimento de petróleo no mundo alavancou pesquisas em diversos países no intuito de desenvolver combustíveis alternativos, sendo a Bélgica um dos países pioneiros na busca por processos de transesterificação de óleos vegetais com etanol, para produzir o biocombustível conhecido atualmente como biodiesel (SUAREZ; MENEGHETTI, 2007).

2.1.3 Mundial

Há uma série de razões que tem aumentado o interesse nos biocombustíveis pelo mundo. Incluem a necessidade de diversificar fontes de abastecimento, diminuir os impactos do petróleo, crescentes preocupações sobre o meio ambiente e redução nos custos de produção de combustíveis.

A produção mundial de biodiesel, em 2010, foi de 19,5 bilhões de litros. Os continentes europeus e americanos respondem por quase 80% dessa

produção, com 13 bilhões de litros de biodiesel (US EIA, 2011). A estimativa para 2020 é de uma produção de 41,9 bilhões de litros (FAO, 2011). Em algumas regiões as políticas de desenvolvimento têm desempenhado um papel importante, o que encorajou muitos países a avançar em seus planos de desenvolvimento e aumentar as metas de produção de biocombustíveis (CME, 2010).

Segundo a IEA International Energy Agency (2008, 2011) a Europa vai liderar a crescimento global da demanda nos próximos anos, sendo o bioetanol responsável por parte deste crescimento. Atualmente o Brasil e os EUA representam quase 80% da produção global de biocombustíveis. Ambos produzem principalmente bioetanol, sendo nos EUA produzido a partir do milho e no Brasil a partir de cana-de-açúcar.

2.1.4 Brasil

No Brasil, a produção e comercialização de biodiesel possuem importantes vantagens, devido à grande disponibilidade de matériaprima e ao crescimento contínuo da indústria de óleos vegetais e etanol (OLIVEIRA et al., 2008; OISTI,2007). O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) foi lançado pelo Presidente da República em dezembro de 2004. Em 2005, foi aprovada a Lei nº 11.097, que incluiu biodiesel na matriz energética nacional. Em 2008, foi lançada a mistura de diesel com 2% de biodiesel, o chamado B2. Em julho de 2009, o País adotou o B4 (diesel com 4% de biodiesel) e, em janeiro de 2010, entrou no mercado o B5 (diesel com 5% de biodiesel). Com essas medidas, o Governo Federal adiantou a meta do ano de 2013 em três anos (TÁVORA, 2012).

Holanda (2004) afirmou que as motivações para a produção de biodiesel no Brasil seriam os benefícios sociais e ambientais, como a geração de emprego e renda e as reduções de emissões de gases provocadores do efeito estufa.

2.1.5 Paraná

O Programa Paranaense de Bioenergia foi criado pelo Governo Estadual através do Decreto nº 2101 de 10 de Novembro de 2003. Os objetivos deste programa foram gerir e fomentar ações de pesquisa e

desenvolvimento, aplicações e uso da biomassa no Estado do Paraná, com foco inicial na produção e na aplicação do biodiesel como um biocombustível, adicionando-o à matriz energética estadual (YAMAOKA, 2005). O Programa tem o apoio do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), que desempenha um papel fundamental nesse programa como órgão responsável pelos trabalhos de pesquisa agropecuária. O IAPAR tem desenvolvido tecnologias de produção de culturas oleaginosas potenciais no estado, como nabo forrageiro, canola, tungue e pinhão manso (OLIVEIRA et al., 2005).

Atualmente no sul do país as culturas que vêm sendo utilizadas para produção de biodiesel são soja, canola, girassol e algodão. No Paraná, as culturas oleaginosas cultivadas em 2011 com potencial para produção de biodiesel foram algodão, amendoim, girassol, soja, canola e mamona. As informações sobre área plantada, produção e rendimento em óleo dessas culturas estão descritas na Tabela 1. Observa-se que a soja é a grande fonte de produção de óleo atualmente no estado.

Tabela 1- Oleaginosas produzidas no Paraná em 2011.

Oleaginosas	Área Plantada (ha)	Produção (ton)	Rendimento (%)
Algodão	1.233	1.906	1.546
Amendoim	2.807	6.583	2.349
Girassol	117	121	1.034
Soja	4.460.015	10.947.715	4.106
Canola	12.853	21.971	1.709
Mamona	913	563	617
Total	4473898	10970370	11.361

Fonte: SEAB/DERAL, 2013.

2.1.6 Vantagens do Biodiesel em Relação ao Diesel

Comparando o diesel de petróleo com o biodiesel há vantagens ambientais significativas. Estudos do National Biodiesel Board (associação que representa a indústria de biodiesel nos Estados Unidos) demonstraram que a queima de biodiesel pode emitir em média 48% menos monóxido de carbono; 47% menos material particulado (que penetra nos pulmões) e 67% menos hidrocarbonetos. Esses percentuais variam de acordo com a quantidade de B100

adicionado ao diesel de petróleo e, no caso do B3, essas reduções ocorrem de modo proporcional (ANP, 2012).

Além da diminuição da emissão de gases, outra vantagem da adição do biodiesel ao diesel é sua ação como lubrificante interno do motor, substituindo o enxofre (CARVALHO, 2008).

Uma das grandes motivações para a produção de biodiesel no Brasil são os benefícios sociais que esse novo combustível pode trazer. Estudos desenvolvidos pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pelo Ministério da Integração Nacional (MIN) e pelo Ministério das Cidades (MC) mostram que a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo, com renda média anual de aproximadamente R\$ 4.900,00 por emprego (SLUSZZ, 2006).

Um dos problemas enfrentados na produção de biodiesel é o alto custo de produção do óleo, até três vezes maior que o custo de produção do óleo diesel de petróleo, o que torna imprescindível buscar novas tecnologias, ou matérias primas para redução de custos e melhor aproveitamento do subproduto (ARAÚJO; SANTOS, 2008).

2.1.7 Principais Oleaginosas Utilizadas para Produção de Biodiesel

O biodiesel é um combustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. Dezenas de espécies vegetais presentes no Brasil podem ser usadas na produção do biodiesel, entre elas soja, dendê, girassol, babaçu, amendoim, mamona e pinhão-manso (ANP, 2012). As principais culturas tradicionais de cultivo no Brasil em 2011 e seus respectivos rendimentos de óleo estão representados na Tabela 2.

Além das culturas tradicionais que já têm práticas agrícolas determinadas, existem várias outras culturas com potencial agrônomico positivo que podem promover a inclusão da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel, levando em consideração as especificidades de cada região brasileira, sendo alguma delas: coco, babaçu, pinhão manso, gergelim, nabo forrageiro, tungue e macaúba, entre outras.

Tabela 2- Produção de oleaginosas no Brasil em 2011.

Oleaginosas	Área plantada (ha)	Quantidade produzida (ton)	Rendimento (ton. óleo/ha)
Algodão Herbáceo	1.405.540	5.070.717	0,1 - 0,2
Amendoim	107.193	311.459	0,6 - 0,8
Girassol	62.890	77.932	0,5 - 1,9
Mamona	211.022	120.166	0,5 - 0,9
Soja	24.032.410	74.815.447	0,2 - 0,4
Dendê	109.080	1.301.192	3,0 - 6,0
Canola	46.300	69.700	0,5 - 0,9
Total	25.974.435	81.766.613	

Fonte: CONAB, 2013; IBGE, 2013; Paulillo et, al 2006.

Dentre os óleos vegetais que podem ser utilizados como matéria-prima para produção de biodiesel, destaca-se o óleo do abacate, que apresenta características similares ao biodiesel de soja, na viscosidade, resíduos de cinzas de carbono, fluidez e ponto de congelamento. Também apresenta vantagens em relação a outras oleaginosas usadas para a produção de biocombustível, pois do mesmo fruto é possível extrair as duas principais matérias-primas do biodiesel, o óleo (da polpa) e álcool etílico (do caroço) (MENEZES et al., 2009).

2.2 ABACATE (*Persea americana*)

O abacateiro é considerado uma fruteira de clima tropical com adaptação às condições de clima subtropical, principalmente no caso das raças guatemalense e mexicana (DONADIO, 1995). Existem inúmeras cultivares de abacate em todo território nacional, o que explica os muitos tipos de abacate encontrados, com diferentes formatos, cores e tamanhos. As cultivares de abacateiros são divididas em três tipos ou raças que são a mexicana, a guatemalense e a antilhana.

Existem características que o torna diferente de outras frutas, devido à grande quantidade de lipídeos (15 a 20%), sendo classificado como uma das frutas mais ricas em óleo e pouca quantidade de carboidratos (menos que 5%) (KADAN; SALUNKHE, 1995). Quando observada a composição média da polpa de abacate constata-se a presença de um extrato seco elevado e um teor de proteínas na faixa de 1,14%. Também possui vitaminas lipossolúveis que geralmente não ocorrem em

outras frutas, sendo mitoricos em vitaminas A e B, apresentando menores quantidades de vitaminas D e E, apresentando pouca vitamina C (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005).

2.2.1 Centro de Origem e Distribuição Geográfica

O abacateiro (*Persea americana*) é uma fruteira nativa do continente americano. Segundo relatos de navegadores o abacate já foi visto nos primórdios do descobrimento da América. Em 1519 e 1526 ele era encontrado na Colômbia, e depois no México em 1532 e 1550. Seu nome é derivado de nome indígena. O abacate difundiu-se por todo o continente americano, inicialmente no século XVII, sendo citada a sua presença na Jamaica em 1657 e 1696, com o nome de avocado, que é o de uso corrente nos países de língua inglesa (DONADIO, 1995).

Acredita-se que o abacate entrou no Brasil primeiramente pela Amazônia, vindo do Peru na época Pré-Colombiana e pelo Pará em 1809, se estendendo ao longo da costa Atlântica até o Rio de Janeiro e São Paulo. Já as cultivares melhoradas chegaram ao Brasil a partir de 1920, trazidas pelos norte-americanos (MARANCA, 1975). A cultura teve grande desenvolvimento na década de 1970 devido aos incentivos fiscais concedidos pelo Governo Federal, dentro do programa de reflorestamento do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), que financiou pomares com características comerciais a partir de mudas enxertadas (CAMPOS, 1984). Atualmente são cultivados em quase todas as regiões do mundo, especialmente no México, Califórnia, Flórida, Israel, Índia, Austrália e Brasil, dentre outros (FALCÃO, 2001).

No Paraná o abacate veio com a colonização japonesa, cujos imigrantes que se dedicaram à agricultura sofreram várias perdas com geadas frequentes por volta de 1950, e então buscaram culturas alternativas para dividir espaço com o café (G1, 2013).

2.2.2 Panorama de Produção do Abacate

A demanda industrial por óleos vegetais cresce a cada ano, e o interesse mundial por combustíveis renováveis está em alta. Em dados divulgados pela NASA (Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica) (2013), pesquisadores concluíram que o planeta está aquecendo, e a razão para isso é que estamos emitindo quantidades crescentes de dióxido de carbono na atmosfera. Segundo uma análise recente, a temperatura média mundial já subiu 0,8°C desde 1880. Este fato ressalta a importância de pesquisas sobre matérias-primas que apresentem alto potencial para produção de biocombustíveis.

2.2.2.1 Produção mundial

O Brasil ocupou o oitavo lugar em 2010 na produção mundial de abacate, sendo o México o maior produtor mundial e maior exportador do fruto, seguido do Chile que ocupou o segundo lugar (Tabela 3). No Brasil a produção é praticamente destinada ao mercado nacional e à França, o maior importador de frutos de abacate (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005).

Tabela 3 - Produção de abacate dos principais países do mundo (dados expressos em 1000 ton).

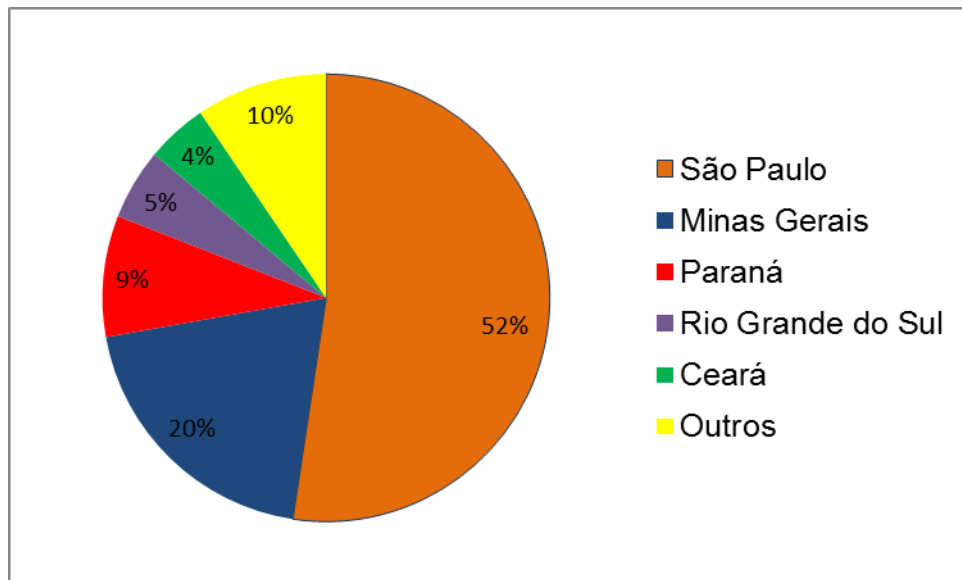
País	Ano			%
	2010	2009	2008	
1º México	1107	1231	1162	43
2º Chile	330	328	331	12
3º Rep. Dominicana	289	184	184	8
4º Indonésia	224	258	244	9
5º Colômbia	202	165	184	7
6º Peru	184	157	136	6
7º EUA	158	271	105	7
8º Brasil	152	139	147	5
9º Ruanda	74	141	79	4
Total	2720	2875	2574	100

Fonte: FAO, 2013.

2.2.2.2 Produção no Brasil

No Brasil o abacate é cultivado em quase todos os estados, mesmo em terrenos acidentados, e essa produção se dá o ano todo. A produção brasileira está distribuída principalmente pela Região Sudeste, seguida pelo Nordeste e Sul, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com produção estimada, em 2011, de 92 mil toneladas (57,3% do total nacional). O segundo maior estado produtor, Minas Gerais, apresenta participação ao redor de 19%, seguido dos estados do Paraná com 11%, Rio Grande do Sul com 4% e Ceará com 3% (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Principais Estados produtores de abacate do Brasil.



Fonte: IBGE, 2013.

2.2.2.3 Produção no Paraná

O Paraná é o terceiro maior produtor nacional de abacate, com área ao redor de 944 hectares onde foram produzidas cerca de 17,304 mil toneladas em 2011. Nas quatro safras anteriores somente em 2007 superou a produção de 2011, atingindo 20,435 mil toneladas (Tabela 4).

Tabela 4 - Produção de abacate no estado do Paraná referente ao período 2007-2011.

Safras	Área Colhida (ha)	Quantidade produzida (t)
2007	1.306	20.425
2008	1.007	16.537
2009	1.085	15.919
2010	1.000	15.824
2011	944	17.304
Total	5.342	86.009

Fonte: IBGE, 2013.

2.2.3 Descrição Botânica

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) pertence à família *Lauraceae*, gênero *Persea*, o qual compreende três variedades botânicas em uma única espécie, distribuídas em: raça mexicana (*Persea americana* Miller var. *Drymifolia*), raça antilhana (*Persea americana* Miller var. *Americana*) e raça guatemalense (*Persea nubigena* Miller var. *guatemalensis*). A possibilidade da hibridação, tanto das raças como de seus híbridos, dá ao abacateiro condições de adaptação às mais variadas situações de clima e solo que superam as de qualquer outra frutífera. As cultivares da raça Mexicana toleram melhor temperaturas baixas; as da Antilhana são de clima tropical; e a Guatemalense de clima subtropical e não toleram extremos de temperatura (BARWICK, 2004; WILLIAMS, 1976; MALO, 1978).

O sistema radicular do abacateiro é considerado como superficial, sem pelos radiculares e proporcionais ao volume da parte aérea. A parte aérea das árvores possui copa aberta, com ramos bifurcados, principalmente no caso de plantas enxertadas. Sua altura pode atingir até 20m, com diâmetro de tronco aos 30 anos de até 1m. Suas folhas são simples e inteiras, de forma elíptica, com nervação penada com inserção nos ramos por meio de pecíolo curto. As flores são hermafroditas, simétricas, verde-amareladas, com aproximadamente 1 cm de diâmetro. Ocorrem em panículas de até 200 flores, uma planta adulta pode produzir milhões de flores, embora apenas 1% ou menos vá originar frutos. O pedúnculo do abacate tem tamanho médio a longo, é inserido no centro ou lateralmente no fruto. Grandes variações de cor, formato, tamanho, casca, polpa e semente

ocorrem conforme as raças e cultivares (CAVALCANTE, 1991; CALABRESE, 1989; CAMPBELL; MALO 1978; DONADIO, 1995).

As flores do abacateiro se comportam de duas formas diferentes, determinando a classificação de cultivares em dois grupos, A e B. O grupo A é composto por cultivares em que a primeira aberturada flor ocorre no período da manhã pronta para receber o pólen (feminina), reabrindo novamente à tarde do dia seguinte, porém, emitindo pólen (masculino). Nas cultivares do grupo B a primeira abertura da flor ocorre após o meio-dia (feminina), fechando-se ao entardecer e reabrindo ao amanhecer no estágio masculino. Assim, para ocorrer uma eficiente polinização das flores, os pomares devem ser formados com cultivares pertencentes aos dois grupos (MONTENEGRO, 1951). A Tabela 5 apresenta o esquema da dicogamia das flores dos tipos A e B.

Tabela 5- Dicogamia das flores do abacateiro.

		Tipo A	Tipo B
	Manhã	Flores abertas com estigmas receptivos	_____
1º dia	Tarde	Flores fechadas	Flores abertas com estigmas receptivos
	Noite	Flores fechadas	Flores fechadas
2º dia	Manhã	Flores fechadas	Flores abertas novamente com estames deiscentes
	Tarde	As flores abrem novamente com estames deiscentes	_____

Fonte: Campbell e Malo, (1978) com modificações.

Temperaturas muito abaixo ou acima da faixa ideal de crescimento, que ocorre entre 18 °C e 25 °C, podem causar queimaduras nas folhas novas. Por isso, as plantas novas devem ser protegidas, dependendo das condições do plantio. Os ciclos vegetativos ocorrem normalmente na primavera e no fim do verão e início do outono, sendo o inverno um período de repouso, com queda das folhas, seguindo-se a floração (DONADIO, 1995).

O fruto é uma drupa que possui uma casca (pericarpo), delgada, grossa ou quebradiça, um mesocarpo carnoso (parte comestível contendo entre 5 e

30% de óleo) e uma semente coberta pelo endocarpo, envoltório coriáceo que recobre os cotilédones da semente. O pedúnculo do abacate, de tamanho médio a longo, é inserido no centro ou lateralmente no fruto por uma parte mais grossa chamada pedicelo. Grandes variações de cor, formato, tamanho, casca, polpa e semente podem ocorrer nos frutos do abacateiro, dependendo das raças e variedades. Seu peso, por exemplo, pode variar de 50 g a 2,5 kg (MENDONÇA; MEDEIROS, 2011).

2.2.3.1 Maturação e Colheita dos Frutos

A maturação consiste numa série de transformações bioquímicas e físico-químicas que determinam o seu ponto de colheita. São vários os índices utilizados para determinar sua maturação: teor de óleo, mudança de cor, modificação da densidade do fruto, observação do envoltório da semente e tempo decorrido desde a florada (BARROS, 1983; BOWER; CUTTING, 1987). O espaço de tempo entre a florada e a maturação é conhecido no caso das cultivares mais importantes de abacateiro e de determinadas condições ambientais, sendo utilizado como indicador. Para algumas das principais cultivares ele é de oito a dez meses. O Abacate tem ainda como característica a capacidade de permanecer na planta, mesmo depois de atingida a maturação fisiológica, por períodos que vão de 5 a 15 meses, dependendo da cultivar e das condições climáticas locais. Quanto mais tempo se deixar o fruto na planta, tanto menor será o período em que seu amadurecimento se completará, após a colheita. Essa capacidade do fruto permanecer na planta se torna uma característica importante, pois a colheita de uma mesma variedade pode estender-se por longo tempo (DONADIO, 1995).

A época de maturação das variedades de abacate é bastante diferenciada em suas diversas regiões ecológicas. Isso se deve basicamente ao efeito da temperatura do ar sobre o desenvolvimento da planta, principalmente no período entre o florescimento e a maturação (LUCCHESI; MONTENEGRO, 1975). Atualmente, técnicas como a estimativa da temperatura média em função de variáveis geográficas (PEDRO JR. et al., 1991) e o conceito dos Graus-dia (HOLMES; ROBERTSON, 1959) permitem a obtenção de resultados mais precisos e detalhados do desenvolvimento das plantas nas diferentes regiões ecológicas. Segundo dados publicados por Sentelhas et al. (1995), existem diferenças de dias

entre o florescimento e maturação nas cultivares de abacateiro, como também diferenças entre as localidades na época de maturação de uma mesma cultivar.

2.2.4 Utilidades do Abacateiro

O fruto do abacateiro é apreciado de diferentes maneiras, de acordo com hábitos alimentares de cada país. No Brasil, o fruto é consumido principalmente na forma desobremesas, batido com leite, açúcar e suco de limão, já em outros países como o México e Venezuela, por exemplo, é na forma de saladas, sopas e molhos (DAIUTO; VIEITES, 2008).

O abacate pode ser considerado também uma planta medicinal, pois suas folhas podem ser utilizadas como diuréticas quando feitas em extrato líquido ou para afecções do fígado, na forma de cápsulas (KADAN; SALUNKHE, 1995). Devido também à alta concentração de óleo em sua polpa, o abacate tem sido muito utilizado na indústria farmacêutica, de cosméticos e na obtenção de óleos comerciais substitutivos ao óleo de oliva (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005). Além de grande importância alimentar e medicinal, deve-se ressaltar que o abacate é rico em óleos totais e tem um futuro promissor na extração e utilização destes triglicerídeos (BIZIMANA et al., 1993).

O abacate possui várias características e propriedades que lhe conferem inúmeras possibilidades de utilização como alimento e para os mais variados fins. Uma das utilidades recentes que vem se aplicando ao abacate é para produção de biodiesel. Segundo Menezes et al. (2009) o biodiesel de abacate mostra características similares ao biodiesel de soja, sendo uma excelente matéria-prima para produção de biodiesel.

2.2.5 Vantagens do Abacateiro para Biodiesel

O abacate apresenta-se como uma oleaginosa promissora para a produção de biodiesel. O abacateiro é cultivado em quase todos os Estados do Brasil. Trata-se de uma planta frutífera das mais produtivas por unidade de área cultivada (TANGO; TURATI, 1992). Um grande número de cultivares de abacate é encontrado nas diversas regiões do território nacional, com potencial para garantir frutos praticamente para todo o ano, devido a diversidade de ciclos de maturação de

diferentes cultivares. Zaro et al. (2012) observaram que combinando cultivares com diferentes épocas de colheita, o produtor pode colocar frutos no mercado em diferentes épocas e propiciar o suprimento prolongado de matéria-prima para produção de biodiesel.

Os frutos que apresentam altos teores de lipídeos na polpa poderão constituir-seem uma matéria-prima importante para obtenção de óleo. Pode produzir quantidade de óleo por unidade de área cultivada mais elevada do que algodão, amendoim e soja, de acordo com estudos comparativos realizados por Canto et al. (1980).

Por ser uma planta perene, o abacateiro pode ser cultivado em áreas de topografia acidentada com menor impacto ambiental, e possui a vantagem adicional de produzir óleo de seus frutos com propriedades químicas de larga aplicação na indústria (TANGO; TURATTI, 1992).

Sob esses pontos de vista abordados, os processos que utilizam o óleo do abacate possuem um “resíduo em comum”, o caroço do abacate, pois apenas uma pequena parte das sementes é destinada para o cultivo de novas mudas, o restante é descartado. Segundo Tango et al. (2004), o caroço do abacate possui em média 20,1 % em massa de amido. Tanto celulose como o amido presente no caroço pode ser convertido por hidrólise enzimática ou química em produtos que vão da glicose a oligossacarídeos de peso molecular elevado (ROSSELL, 2006). Portanto, o caroço de abacate pode ter um potencial para a produção de etanol, pois contém um alto teor de amidos totais que, quando submetidos a um processo de hidrólise, elevam o teor do grau Brix do caldo, criando condições para o processo de fermentação (PASSARETTI FILHO, 2008).

2.2.6 Propriedades Oleaginosas

O óleo de abacate se destaca pela excelente qualidade nutricional. De acordo com alguns estudos, o óleo é rico em β -sitosterol e ácido oléico, uma gordura insaturada utilizada como coadjuvante no tratamento de hiperlipidemias (SALGADO et al., 2008). Os frutos de abacate apresentam composição química muito variável. Estudos anteriores com algumas cultivares no Estado do Paraná mostraram grande variação quanto aos teores de lipídeos na polpa dos frutos (30% a 68%) (ZARO et al., 2011). Segundo Arantes et al. (2008), as cultivares se

diferem geneticamente no teor e na qualidade de óleo. Bessa et al. (2008) concluíram que além da diversidade genética influenciar no teor de óleo, pode haver diferenças para uma mesma cultivar, dependendo das condições climáticas e do solo.

De acordo com Montenegro (1951) o teor de óleo na polpa do abacate se eleva progressivamente, desde o início da formação do fruto até a sua maturação. Tango et al. (2004) verificaram que, com o amadurecimento dos frutos, ocorre uma redução no teor de umidade da polpa e, conseqüentemente, há um aumento na porcentagem de óleo.

A quantidade de umidade presente na polpa do abacate é um fator importante no rendimento de óleo bruto, de modo que se deve preferir para industrialização as cultivares de baixo teor de água que, geralmente, são as que apresentam maior teor de óleo (TIJERO, 1974). Além disso, a porcentagem de polpa em relação ao fruto é de extrema importância para a extração de óleo, uma vez que grande porcentagem do óleo da fruta se concentra nesta região (BESSA, 2008).

2.2.7 Extração do Óleo e Produção de Biodiesel de Abacate

Diversos processos extrativos do óleo da polpa de abacate têm sido estudados, como a extração por solventes utilizando polpa liofilizada, extração por prensagem hidráulica contínua ou descontínua, com adição de material auxiliar de prensagem, e ainda por tratamento da polpa fresca com produtos químicos, ou por processos convencionais de extração de óleo para sementes oleaginosas. Os rendimentos desses processos variam de 56 a 95% de óleo extraído (CANTO et al., 1980; TANGO; TURATTI, 1992).

Existem vários outros processos sendo testados com finalidade de aperfeiçoar essa extração. Para produzir o biodiesel de abacate após o óleo ser extraído se aplica o processo de transesterificação, que consiste em reação de triacilglicerídeo com um álcool na presença de uma base ou ácido forte, produzindo uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol (GERIS et al., 2007). A molécula de óleo vegetal é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, o que faz dele um triglicerídeo. Assim, a transesterificação nada mais é que a separação da glicerina do óleo vegetal (TEIXEIRA, 2005).

2.2.8 Cultivares de abacateiro

Existem inúmeras cultivares de abacateiro que surgiram com o passar do tempo, através de cruzamento das raças e de seus híbridos. As cultivares existentes apresentam frutos com as mais variadas formas, tamanhos e pesos, assim como, diferentes proporções de casca, polpa e caroço (DONADIO,1992). As cultivares mais utilizadas no mercado interno são a Simmonds (grupo A), Barbieri (B), Collinson (A), Quintal (B), Fortuna (A), Breda (A), Reis (B), Solano (B), Imperador (B), Ouro Verde(A) e Campinas (B). No mercado externo e para a industrialização são mais empregadas as cultivares Tatuí (grupo B), Hass (A) e Wagner (A). As cultivares Hass e Fuerte vêm sendo comercializadas no mercado nacional sob a denominação “Avocado” e, por serem cultivares diferenciadas, têm sido mais valorizadas. As cultivares: Ouro Verde, Geada e Fortuna são mais comerciáveis no exterior, devido ao seu formato (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005).

A associação entre espécies e condições climáticas capaz de mudar a época da produção, antecipando as cultivares precoces, ou retardando as tardias, é de grande interesse prático na escolha das cultivares a serem plantadas em determinada região (DONADIO, 1995). Zaro et al. (2011) testaram 24 cultivares que apresentaram floradas no período de agosto a outubro, com a florada plena em setembro, exceto para a cultivar Fuerte, que foi mais precoce. A diferença na época de colheita é em função do período de desenvolvimento do fruto e capacidade da cultivar em reter o fruto após o desenvolvimento fisiológico do mesmo. Os resultados mostram claramente a possibilidade de produção de abacates por longos períodos do ano (de final de janeiro a meados de dezembro). Das 24 cultivares testadas seis delas representam bem essas épocas de produção: as cultivares Geada e Fuerte são consideradas precoces, Fortuna e Quintal meia estação, e Primavera e Margarida tardias.

2.3 ABACATEIRO E O CLIMA DO PARANÁ

O abacateiro é relativamente resistente ao frio, existindo, porém, diferenças entre as raças e as cultivares. Donadio (1992) destacou que temperaturas diurnas de 25 °C e noturnas de 18 °C são ótimas para o desenvolvimento do abacate. O abacateiro pode resistir a temperaturas baixas que variam de -1 °C a -7 °C dependendo da raça e duração e do tempo de duração da mínima, ocorrendo, porém, danos nas folhas, flores e frutos (SUPPO, 1982).

As principais exigências climáticas do abacateiro relacionam-se com a temperatura e a precipitação. Os abacateiros da raça antilhana, originários das regiões de baixa altitude da América do Sul e da América Central são pouco resistentes ao frio, danificando-se com a temperatura ao redor de -2 °C. As cultivares da raça guatemalense, originárias das regiões altas da América Central são mais resistentes ao frio que as antilhanas, com resistência semelhante à das laranjeiras. Os abacateiros da raça mexicana, originários das regiões altas do México e da cordilheira dos Andes são os mais resistentes ao frio, suportando temperaturas próximas a -6 °C (CANTO, SANTOS; TRAVAGLINI, 1978; CAMPOS, 1985).

Segundo Popenoe (1948), em temperaturas de -4,4°C, ocorreram severos danos nas cultivares guatemalenses, e as da raça mexicana entraram em descanso vegetativo. Krezdorn (1974) concluiu que as cultivares mexicanas, como a Mexicola, resistem a temperaturas entre -8,0 e -11,0 °C. As plantas adultas da raça mexicana aclimatam-se às baixas temperaturas, de -1 °C a -7 °C, enquanto plantas da raça guatemalense e antilhana são injuriadas em temperaturas de -3 °C e -1 °C, respectivamente (SUPPO, 1982; CALABRESE, 1989). Koller (1984) afirma que os efeitos do dano, nestas mesmas temperaturas seriam mais graves se as plantas fossem jovens.

Soares et al. (2002) realizaram experimento com plantas adultas de abacate, submetidas a geadas de até -2,8 °C, na região de Capão Bonito- SP, destacando que as cultivares Fuerte (híbrido mexicana x guatemalense), Jumbo, Ermor e Solano (híbrido antilhana x guatemalense) mostraram menor grau de injúria na copa quando comparadas com as cultivares Ouro Verde, Breda (híbridos antilhana x guatemalense), Geada, Simmonds e Pollock (raça antilhana), concluindo que a origem da raça da cultivar teve influência na resistência ao frio.

Mindêllo Neto et al. (2004) avaliaram a tolerância ao frio de 8 cultivares de mudas de abacate em Canoinhas-SC. Neste estudo foram avaliados dois métodos de proteção, galhos de eucalipto e sombrite (50%) associado a galhos de eucalipto. Os autores concluíram que não houve diferença entre as cultivares de abacate utilizadas em relação à tolerância ao frio, independentemente do sistema de proteção.

Segundo Malo (1978), Koller (1984) e Calabrese (1989), independentemente da finalidade de proteção que se quer atingir, a proteção de plantas jovens de abacate é extremamente necessária, pois elas são muito sensíveis a determinadas condições climáticas, tais como radiação solar intensa, incidência de ventos fortes e, principalmente, geadas.

Para otimização das regiões de cultivo e produtividade máxima do abacateiro, são imprescindíveis estudos de delimitação das zonas de produção das principais espécies cultivadas. Conforme Santos (1999), o zoneamento agrícola constitui uma tarefa de fundamental importância na organização dos programas de trabalho e suporte do planejamento da agricultura. Ele se baseia no levantamento dos fatores que definem as aptidões agrícolas, encontradas em diferentes faixas da região estudada. O conhecimento das condições edafoclimáticas de determinada região é de extrema importância para a cultura, visto que a delimitação das regiões climaticamente homogêneas pode estabelecer os indicadores do meio físico e biológico, possibilitando indicar a exploração econômica de culturas agrícolas. O zoneamento agrícola deve ser constantemente atualizado, incorporando informações mais precisas e detalhadas do ambiente físico (clima, solos) e o desenvolvimento de novas cultivares de plantas (SEDIYAMA et al., 2001).

O zoneamento da cultura do abacate para o Planalto Norte Catarinense foi realizado com base em índices climáticos utilizados em São Paulo (1977) e posteriormente em Minas Gerais, elaborados por Silva (1982). Os resultados mostraram que esta região não é recomendada para o cultivo de abacate das raças antilhana, guatemalense e mexicana (CIRAM, 2010). Entretanto, um zoneamento não pode basear-se somente em dados climáticos, sem antes introduzir e validar a espécie. Segundo Bergh e Lahav (1996), existe grande variabilidade de tolerância ao frio entre cultivares de abacate.

No estado do Paraná a ocorrência de geada é devido ao deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia.

Isso ocorre com bastante frequência no inverno, causando a ocorrência de geadas inclusive no norte do estado, com danos significativos à agricultura paranaense. O número de geadas varia de acordo com o local, tendo uma relação direta com a latitude e altitude dos locais (GRODZKI, 1996).

Devido à ausência de ventos em noites de céu aberto ocorre a estratificação do ar frio que, por ser mais denso, acumula-se próximo à superfície, formando-se um gradiente de temperatura, sendo esta menor quanto mais próximo ao solo. Por ocorrer justamente o inverso da condição diurna, este fenômeno é denominado “inversão térmica” (PEREIRA et al., 2002; CARAMORI et al., 2002). Esta propriedade do ar frio possibilita correlacionar a temperatura mínima medida no interior do abrigo meteorológico com a temperatura de relva e, desta maneira, estimar as probabilidades de geadas utilizando séries históricas de temperatura mínima do ar, de grande disponibilidade em estações convencionais.

Objetivo Geral: Definir as regiões aptas ao cultivo do abacate no Paraná, visando à produção de biocombustíveis.

Objetivos Específicos:

Determinar o ciclo fenológico produtivo de cultivares de abacate, descrevendo o acúmulo de matéria seca, teor de óleo dos frutos e amido do caroço.

Identificar a tolerância a geada em cultivares de abacate de diferentes ciclos.

Determinar os períodos de colheita das cultivares de abacate e efetuar o zoneamento agroclimático da cultura de abacate.

REFERÊNCIAS

- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **A ANP e os Biocombustíveis**. 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=60467&m=biocombust%EDveis%20poluem%20menos&t1=&t2=biocombust%EDveis%20poluem%20menos&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebus t=1359393873481>>. Acesso em: 15 jan. 2013.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. **Menos impacto sobre o meio ambiente**. 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=60467&m=estudos%20do%20national%20biodiesel%20board&t1=&t2=estudos%20do%20national%20biodiesel%20board&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebus t=1359653113104>>. Acesso em: 07 jan. 2013.
- ARANTES, A. C. C.; ELIAS, K. F. M.; LIMA, V. M.; FRAGA, A. C.; CASTRO NETO, P. Avaliações físicas e químicas de abacate. In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5., 2008, Lavras – MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2008.
- ARAUJO, C.V.C., SANTOS, H. I. **Análise do método da transesterificação no processo de fabricação do biodiesel de soja**. 2008. Monografia (Especialização em Engenharia Ambiental) - Universidade Católica de Goiás, Goiás. 2008.
- BARROS, M.V. El control del estado de la madurez en aguacates. In: XIII Congresso Norcofel, 1983, Ilhas Canárias. **Anais...** p.117-145.
- BARWICK, M. Tropical & Subtropical trees. **Na Encyclopedia**. North América, 2004, 484p.
- BERGH, B. O.; LAHAV, E. Avocados. In: JANICK, J.; MOORE, J.N. (Ed.) **Fruitbreeding: treeand tropical fruits**. New York: John Wiley& Sons, v.1, 1996. p. 113-166.
- BESSA, O. R.; FARIA, G. F.; CUNHA, D. F.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Caracterização Física de Frutos de Abacate (*Persea Americana* Mill) Visando seu Potencial para Extração de Óleo. In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5., 2008, Lavras – MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2008.
- BIZIMANA, V.; BREENE, W. M.; CSALLANY, A. S. Avocado oil extraction with appropriate technology for developing countries. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. Champaign, v. 70, n. 8, p. 821-822, 1993.
- BOWER, J.P.; CUTTING, J.G.M.; **Some factors affecting post-harvest quality in avocado fruit**. In: SAAGA Yearbook, 1987. p. 143-146.
- CAMPBELL, C. W., MALO, S. E. A cultura do abacate – um breve sumário. In: I Simpósio sobre Abacaticultura. 1978, 1., Jaboticabal - SP. **Anais...** Jaboticabal – SP. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, 1978, 92p.

- CAMPOS, J. S. **Abacaticultura paulista**. Campinas: CATI, 1984. (Boletim Técnico, 181).
- CAMPOS, J. S. Cultura racional do abacateiro. SP, ICONE. **Coleção Brasil Agrícola**, 1985. p.11-136.
- CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. Abacate: da cultura ao processamento a comercialização. **Séries frutas tropicais-1**. Campinas: ITAL, 1978. p. 212.
- CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. **Óleo de abacate**: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa. Estudos Econômicos. Campinas: ITAL, 1980. 144p.
- CALABRESE, F. **Fruticultura moderna: Avocado**. Itália. Edizioni Agricole 1989.
- CARAMORI, L.P.C.; CARAMORI, P.H.; MANETTI FILHO, J. Effect of leaf water potential on cold tolerance of *Coffea arabica* L. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, n.4, p.439-443, 2002.
- CARVALHO, W. L. A.; OLIVEIRA, E. L.; VIEIRA, G. T. Vantagens e Desvantagens do Biodiesel em Relação ao Meio Ambiente e os Motores Diesel. In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5., 2008, Lavras – MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2008.
- CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5 ed. Belém. CEJUP. 1991.
- CIRAM. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico**. 2010. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/index.jsp?url=jsp/agricultura/zoneAgroecologico.jsp&tipo=agricultura>>. Acesso em: 16 dez. 2010.
- CME – World Energy Council. **Biofuels: Policies, Standards and Technologies**. 2010. Disponível em: <<http://www.worldenergy.org/documents/biofuelsformattedmaster.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Series Históricas. 2011/2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/detalhe.php?c=5031&t=2#this>>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase em abacate da variedade Hass, submetidos ao tratamento térmico. **Revista Ibero americana de Tecnología Postcosecha**, México, v. 9, n. 2, p. 106-112, 2008.
- G1** – Globo.com. Dedicção japonesa contribuiu para a produção de frutas brasileiras. São Paulo 28/04/08. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Sites/Especiais/Noticias/0,,MUL427853-9980,00-DEDICACAO+JAPONESA+CONTRIBUIU+PARA+A+PRODUCAO+DE+FRUTAS+B RASILEIRAS.html>>. Acesso em: 18 Jan. 2013.

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. 1º ed. Brasília: DENACOOOP, 1992. 109p. (Série de publicações técnicas da FRUPEX)

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2º ed. Brasília: DENACOOOP, 1995. 53p. (Série de publicações técnicas da FRUPEX)

FALCÃO, M. A.; PARALUPPI, N. D.; CLEMENT, C. R.; KERR, W. E.; SILVA, M. F. Fenologia e Produtividade do Abacate (*Persea americana* Mill.) Na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 1, p. 3-9, 2001.

FAO – Food and Agriculture Organization. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

FRANCISCO, V. L. F. dos. S.; BAPTISTELLA, C. da S. L. Cultura do abacate no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 27-41, 2005.

GERIS, R.; SANTOS, N.; AMARAL, B.; MAIA, I.; CASTRO, V.; Reação de Transesterificação para Aulas Práticas de Química Orgânica. **Química Nova**, Salvador – BA, vol. 30, n 05. 1369-1373, 2007.

GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 93-99, 1996.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. 200p.

HOLMES, R.M., ROBERTSON, G.W. **Heat units and crop growth**. Ottawa, Canada Department of Agriculture. Publication n. 1042, 1959. 35 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. 2013. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2013.

IEA - International Energy Agency. **World Energy Outlook**. 2008. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2008-1994/weo2008.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

IEA - International Energy Agency. **World Energy Outlook**. 2011. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2008-1994/weo2008.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Greenhouse Gas Concentrations Continue Climbing**. 2011. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_965_en.html>. Acesso em: 15 jan. 2013.

KADAN, S. S.; SALUNKHE, D. K. Avocado. **Handbook of fruit science and Technology**, New York: Marcel Dekker, 1995. p. 363-375.

KOLLER, O. C. **Abacaticultura**. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, 138p. 1984.

KREZDORN, A. H. Influence of root stock on cold hardness of avocados. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.86, p. 346-348, 1974.

LUCCHESI, A.A., MONTENEGRO, H.W.S. Influência ecológica no desenvolvimento do fruto e no teor de óleo na polpa do abacate (*Persea americana*, Miller). **Anais...** Piracicaba – SP. ESALQ, v. 32, n. 1, 1975, p. 419- 447.

MA, F.; HANNA, M.A. Biodiesel production: a review. **Bio resource Technology**, v.70, n.1, p.1-15, 1999.

MALO, S. E. A cultura do abacateiro. In: Simpósio sobre Abacaticultura. 1978, 1., Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal – SP. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, 1978,p.1-15.

MARANCA, G. **Fruticultura Comercial, Manga e Abacate**. 2º ed. São Paulo. Livraria Nobel. 1975.

MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L.F. Culturas do Abacateiro e do Abacaxizeiro. **Boletim Técnico**. Mossoró – RN. Universidade Federal Rural do Semiárido UFERSA, v. 5, 2011, p. 14.

MENEZES, M.L.; LOPES, L.F.S.; PASSARETTI FILHO, J,. Síntese de biodiesel empregando óleo de abacate. **Analytica**, n. 44, p. 68-78. 2009. Disponível em: <http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/revista_digital/artigos_analytica_44.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2013.

MINDELLO NETO, U.R.; TORRES, A.N.L.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; HIRANO, E.; RAMOS, V.H.V. Métodos de proteção de mudas de abacate contra geada em diferentes cultivares. **Revista Brasileira de Fruticultura**. [online]. 2004, vol.26, n.2, pp. 258-260. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000200019>>. Acesso em: 03 fev. 2013.

MONTENEGRO, H. W. S. **A cultura do abacateiro**. São Paulo: melhoramentos, 1951. 102p. (Criação e Lavoura, n.11).

NASA - **Finds 2012 Sustained Long-Term Climate Warming Trend**. 2012. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/2012-temps.html>>. Acessado em: 16/01/2013.

OSTI Ó OFFICE OF SCIENTIFIC & **TECHNICAL INFORMATION**. 2007. Disponível em: <<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/837189-Yhbgdr/native/837189.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

OLIVEIRA, D.; YAMAOKA, R. S.; COLASANTE, L. O.; JUNIOR, N. S. F.; CIRINO, V. M.; POLA, J. N.; ARAÚJO, P. M.; FIGUEIREDO, P. R. A.; LEME, M. C. J.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H. Participação do IAPAR no Programa Paranaense de Bioenergia. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e

Biodiesel, 2., 2005, Varginha – MG. **Anais...** Varginha – MG: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2005, pg. 908-911.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P.; Biodiesel: Possibilidades e Desafios. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 28, p. 3-8, Maio 2008.

OLIVEIRA, L.B.; MUYLAERT, M.S.; ROSA, L.P.; BARATA, M.; ROVERE, E. Analysis of the sustainability of using wastes in the Brazilian power industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 12, p. 883-890, 2008.

OLIVEIRA, M. A. **Comportamento pós-colheita de pêssegos (*Prunus persica* L. (Batsch) revestidos com filme a base de amido como alternativa à cera comercial**. 2000. 93f. Tese de Doutorado em Agronomia/Horticultura - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PASSARETI FILHO, J.; PINTO, E. A. T.; MENEZES, M. L. Avaliação de Hidrólises Enzimáticas no Caroço de Abacate para Produção de Etanol. In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5., 2008, Lavras – MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2008.

PAULILLO, L. F.; MELLO, F. O. T.; VIAN, C. E. F. **Análise da competitividade das cadeias de agroenergia no Brasil**. São Carlos: DEP-UFSCAR/IE-UNICAMP, fev. 2006. 119 p.

PEDRO JR., M. J.; MELLO, M. H. A.; ORTOLANI, A. et al. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo**. Campinas. Instituto Agronômico, 11 p., 1991 (Boletim Técnico, n. 142).

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2002. p. 385-411.

POPENOE, F. W. **Manual of tropical and subtropical fruits**. New York: Hafner Press, 1948. p. 9-78.

ROSSELL, C. E. V. “**III Workshop Tecnológico sobre Hidrólise para produção de Etanol**”. Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas Sessão 3: “Fermentação do Hidrolisado” Unicamp, Campinas 2006.

SALGADO, J. M.; DANIELI, F.; REGITANO-D’ARCE, M. A. B.; FRIAS, A.; MANSI, D. N. Óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** [online]. 2008, vol.28, p. 20-26. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000500004>>. Acesso em: 25 jan. 2013

SANTOS, A. R. dos. **Zoneamento agroclimático para a cultura do café conilon (*Coffea canephora* L.) e arábica (*Coffea arabica* L.), na bacia do Itapemirim, ES**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal Viçosa, 1999.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná / DERAL - Departamento de Economia Rural. **Comparativo de Área, Produção e Produtividade no Paraná nas Safras 10/11 - 11/12**. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/qas/uploads/3221/pss_2011_12.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2013.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C. F.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p.501-509, 2001.

SENTELHAS, P. C.; PIZA JÚNIOR, C. T.; ALFONSI, R. R.; KAUATI, R.; SOARES, N. B. Zoneamento climático da época de maturação do abacateiro no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.133-140, 1995.

SILVA, P. R. F.; FREITAS, T. F. S. Biodiesel: o ônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 843-851, Maio 2008.

SLUSZZ, T.; MACHADO, J. A. D.; Características das potenciais culturas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 6., 2006, Campinas - SP. **Anais...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100032&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 08 Jan. 2013.

SOARES, N. B.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; TEIXEIRA, L. A. J.; DE CASTRO, J. L. Tolerância a baixas temperaturas de cultivares de abacate (*Persea americana* Mill.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.721-723, 2002.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P. 70º Aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Química Nova Online**, v. 30, n. 8, p. 2068-2071. 2007. Disponível em: <<http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2007/vol30n8/46-AG07046.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P.; WOLF, C. R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: Algumas aplicações da catalise na oleoquímica. **Química Nova Online**, v. 30, n. 3, p. 667-676. 2007. Disponível em: <<http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2007/vol30n8/46-AG07046.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

SUPPO, F. R. **Elaguacate**. A. G. T. Editor, México, 167p. 1982.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B.; Caracterização Física e Química de Frutos de Abacate Visando a seu Potencial para Extração de Óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – São Paulo, v.26, n.1, p.17 -23, 2004.

TANGO, J. S.; TURATTI, J. M. **Óleo de abacate**. In: ABACATE – cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, 1992. p. 156-192.

TAVORA, F. L. **Vale a Pena desenvolver o Biodiesel?** 2012. Disponível em: <<http://www.brasil-economia-governo.org.br/2012/09/03/vale-a-pena-desenvolver-o-biodiesel/#comments>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

TEIXEIRA, L. C. **Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel.** Informe Agropecuario, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.18-27, 2005.

TIJERO, R. F. Cultivo del palta. Servicio de investigacion y promocion agraria. **Boletim Técnico do Ministério da Agricultura**, Lima, v. 52, p. 1-24, 1974.

US EIA - Energy Information Administration. **Biofuels Production.** 2011. Disponível em: <<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

WILLIAMS, L.O. **The botany of the avocado and its relatives.** Proc. First int. Tropical Fruit Short Course: The Avocado. Florida, 1976, p. 9-15

YAMAOKA, R. S.; COSTA, A.; SOUZA, R.; FAUCZ, R.S.; OLIVEIRA, D. Programa Paranaense de Bioenergia – “PR – Bioenergia”. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2., 2005, Varginha – MG. **Anais...** Varginha – MG: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2005, pg. 912-916.

ZARO, G.C.; CARVALHO, S. L. C.; RICCE, W. S.; CARAMORI, P. H.; MORAIS, H. Potencial do abacateiro para produção de biodiesel no estado do Paraná. In: I Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia SIMBBETC. 2011. 1., Londrina – PR. **Anais...** Londrina – PR. Universidade Estadual de Londrina, 2011.

ZARO, G.C.; VICENTINI, M. E.; CARAMORI, P. H.; MORAIS, H.; CARVALHO, S. L. C. Crescimento dos Frutos de Abacate com Diferentes Ciclos de Maturação para Obtenção de Biodiesel. In: II Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia SIMBBETC. 2012. 2., Londrina – PR. **Anais...** Londrina – PR. Universidade Estadual de Londrina, 2012.

3 ARTIGO A: CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA DO CICLO PRODUTIVO DO ABACATEIRO, ACÚMULO DE ÓLEO NO FRUTO E AMIDO NO CAROÇO VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

3.1 RESUMO

O abacateiro tem grande potencial de utilização na produção de biodiesel pela sua rusticidade, diversidade e produção de óleo. Neste trabalho avaliaram-se seis cultivares de abacate provenientes da coleção de abacateiros do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), situado no centro experimental de Londrina (23°23'S, 50°11'W). Foram caracterizados os ciclos produtivos de grupos de cultivares representantes de ciclos precoce, meia estação e tardio. Os frutos foram analisados quanto às proporções dos componentes polpa, casca e caroço, teores de lipídeos (polpa) e amido (caroço). Os resultados mostraram que a colheita das cultivares precoces ocorreu no início de março/abril, para as cultivares meia estação a colheita ocorreu em maio/junho e para as tardias em julho/agosto. As cultivares Geada, Fuerte, Fortuna, Quintal, Primavera e Margarida são boas alternativas para extração de óleo devido ao alto teor de lipídeos de suas polpas. As mesmas não se diferenciaram em relação ao teor de amido no caroço. A diversidade apresentada mostra o potencial de combinar cultivares com diferentes ciclos para a produção prolongada de matéria prima para a indústria de biodiesel, tanto de óleo da polpa como álcool do caroço.

Palavras-chaves: Cultivares, Abacate, lipídeos, ciclo produtivo.

3.2 ABSTRACT

Avocado has great potential for use in biodiesel production for its rusticity, diversity and production of oil. In this study were made assessments in six cultivars of avocado from the collection of the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR), situated in the experimental farm at Londrina (23°23'S, 50°11'W). We characterized the production cycles of groups of cultivars representing cycles of early, midseason and late maturity. The fruits were analyzed for the proportions of the components (pulp, peel and seed), levels of lipids (pulp) and starch (seed). The results showed that the earliness of harvest occurred in early March/April, for mid-season cultivars harvest occurred in May/June, and for late cultivars in July/August. The cultivars Geada, Fuerte, Fortuna, Quintal, Primavera and Margarida are good alternatives for oil extraction due to the high lipid content of their pulps. There were no differences in the content of starch in the kernel. The diversity presented shows the potential of combining varieties with different cycles for prolonged production of raw material for the biodiesel industry, with possibility of using both pulp for oil and the core alcohol.

Keywords: Cultivar, Avocado, lipids, production cycle.

3.3 INTRODUÇÃO

O abacateiro é considerado uma fruteira de clima tropical, embora se adapte às condições de clima subtropical, principalmente no caso das raças guatemalense e mexicana (DONADIO, 1995). A possibilidade da hibridação tanto das raças como de seus híbridos dá à planta condições de adaptação às mais variadas situações de clima e solo que superam as de qualquer outra frutífera (MALO, 1975). A associação entre espécies e condições climáticas é capaz de mudar a época de produção, antecipar produção das cultivares precoces, ou retardar as tardias, sendo algo de grande interesse prático na escolha das cultivares mais adequadas a cada região (DONADIO, 1995). A combinação de diferentes materiais genéticos cultivados em diferentes regiões faz com que a colheita do abacate se estenda por todo o ano.

Existem inúmeras cultivares de abacate em todo território nacional, o que explica os muitos tipos de abacate encontrados, diferentes formatos, cores, tamanhos e também composição química. Segundo Arantes et al. (2008), as cultivares se diferem geneticamente para teor e qualidade de óleo. De acordo com Montenegro (1961) o teor de óleo na polpa do abacate se eleva progressivamente, desde o início da formação do fruto até a sua maturação. Tango et al. (2004) verificaram que, com o amadurecimento dos frutos, ocorre uma redução no teor de umidade da polpa e, conseqüentemente, há um aumento na porcentagem de óleo. Bessa et al. (2008) concluíram que além da diversidade genética influenciar no teor de óleo, pode haver diferenças atribuídas às condições climáticas e do solo.

As principais exigências climáticas do abacateiro relacionam-se com a temperatura e a precipitação. As cultivares têm comportamento diferente conforme a raça que pertencem, sendo a Mexicana a mais tolerante ao frio, suportando temperaturas de -1°C a -7°C , dependendo do tempo de duração da mínima, embora com eventuais danos nas folhas, flores e frutos (CANTO, SANTOS E TRAVAGLINI, 1978; CAMPOS, 1985). Diante da diversidade de cultivares, vasta adaptação climática e alto teor de óleo, o abacateiro se torna uma cultura promissora para produção de biodiesel, devido à possibilidade de extrair as duas principais matérias-primas do biodiesel, o óleo da polpa e álcool etílico do caroço (MENEZES et al., 2009). Segundo Tango et al. (2004), o caroço do abacate possui em média 20,1 %

em massa de amido. Este amido mais a celulose presente no caroço podem ser convertidos por hidrólise enzimática ou química em produtos como a glicose e oligossacarídeos de peso molecular elevado (ROSSELL, 2006). Estas características do caroço de abacate apresentam um potencial para a produção de etanol, pois este contém um alto teor de amidos totais que, quando submetidos a um processo de hidrólise, elevam o teor do grau Brix do caldo, criando condições para o processo de fermentação (PASSARETTI FILHO et al., 2008).

O conhecimento do efeito da periodicidade das condições climáticas, das influências que as condições edáficas e ecológicas exercem na planta e no ciclo biológico, bem como nos órgãos reprodutivos e no crescimento vegetativo, são informações importantes para o estudo da fenologia do abacate (WIELGOLASKI, 1974). Este tipo de estudo permite a realização de um planejamento de plantio, colheita e comercialização dos frutos, a fim de se aproveitar as oportunidades de mercado.

Em virtude dos aspectos apresentados, o conhecimento do ciclo produtivo das cultivares Geada, Fuerte, Fortuna, Quintal, Primavera e Margarida é de extrema importância para garantir colheita prolongada, visando extração de óleo continuamente por indústrias de biodiesel. O objetivo deste trabalho foi estudar o ciclo fenológico produtivo destas cultivares de abacateiro, do período de florescimento até a colheita, bem como descrever as curvas de acúmulo de matéria seca, teor de óleo nos frutos e amido do caroço.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nas estações experimentais do IAPAR em Paranaíba (lat. 23°05'S e alt. 480m) e Londrina (lat. 23°23'S e alt. 566m). No período entre 1986 e 1996 foi conduzido o experimento 1, onde foram coletados dados fenológicos de 24 cultivares de abacate nesses dois locais (CARVALHO et al., dados não publicados; ZARO et al., 2011). No período entre junho de 2011 e dezembro de 2012 foi conduzido o experimento 2, onde foram coletados dados de seis cultivares representativas dos ciclos precoce, meia estação (médio) e tardio em Londrina.

Com a base de dados do período 1986-1996 foram avaliadas semanalmente as datas de início da floração, épocas de floração e colheita,

quantidades produzidas, peso do fruto e caroço, durante todo o período de produção, utilizando três plantas por cultivar. A queda natural dos frutos foi considerada como início de colheita. Os resultados desse estudo forneceram subsídios para o detalhamento fenológico realizado posteriormente em Londrina, conforme descrito a seguir.

O experimento 2 teve a finalidade de caracterizar o ciclo produtivo de grupos de cultivares de abacateiro conduzido em condições de campo. Foram utilizados três grupos de cultivares de abacateiros pertencentes à coleção de cultivares e seleções do IAPAR. As cultivares selecionadas foram: Geada e Fuerte, Fortuna e Quintal, Primavera e Margarida, classificadas em três grupos de ciclos: precoce, meia estação e tardio, respectivamente. Imediatamente após o florescimento foram marcados quatro ramos - sendo um em cada quadrante da planta - de duas a três plantas de cada cultivar para acompanhar o ciclo desde o florescimento até o ponto de colheita.

3.4.1 Determinação da curva de crescimento do fruto

Após a primeira derrça natural dos frutos, a partir de novembro de 2011, foram feitas avaliações semanais da quantidade, comprimento e diâmetro de frutos de cada variedade para determinação das curvas de crescimento dos frutos. Utilizando-se um paquímetro, foram medidos os comprimentos e o maior diâmetro dos frutos localizados nos ramos marcados, obtendo-se um valor médio por quadrante e por plantas avaliadas. As medições foram concluídas quando os valores de comprimento e diâmetro dos frutos se tornaram constantes.

3.4.2 Determinação das percentagens das porções polpa, casca e caroço

Após o crescimento se tornar constante os frutos foram colhidos aleatoriamente na planta, evitando colheita nos ramos marcados. Foram escolhidos quatro frutos por planta sendo um em cada quadrante, em seguida estes foram levados ao laboratório onde foram pesados e armazenados em local arejado até sua maturação (indicada pela consistência macia). Após a maturação foram pesados novamente e determinaram-se as percentagens de polpa, casca e caroço em relação à massa total de cada fruto.

3.4.3 Determinação de lipídeos na polpa dos frutos

De cada um dos quatro frutos das variedades analisadas retirou-se uma porção da polpa, macerou-se até se obter uma pasta e levou-se à estufa de circulação forçada em temperatura de 50 a 60°C, para secagem até peso constante, o que ocorreu em cerca de 24 horas. Essa pasta foi triturada em liquidificador e congelada (-20°C). Para determinação dos lipídeos foi utilizado 1 grama da polpa triturada a qual foi transferida para um cartucho de papel e submetido novamente a secagem em estufa 60°C por 12 horas. Posteriormente transferiu-se o cartucho para o extrator de Soxhlet. A extração empregou éter de petróleo durante 16 horas sob refluxo. Após a extração, secaram-se os cartuchos em estufa a 60°C e fez-se pesagem. Os lipídios foram expressos em g 100 g⁻¹ matéria seca de abacate (AOAC, 1990).

3.4.4 Determinação de amido no caroço dos frutos

De cada um dos quatro frutos das variedades analisadas retirou-se uma porção do caroço secou-se em estufa de circulação forçada a 50-60°C, até peso constante, o que ocorreu em cerca de 24 horas. Essa porção foi triturada em liquidificador e congelada (-20°C). O fluxograma do processo de determinação de amido é apresentado na Figura 1.

Para determinação das frações glucose, sacarose e amido empregou-se o método de Somogyi-Nelson (NELSON,1994). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 535 nm, utilizando-se uma curva padrão construída a partir de uma solução de glicose (100 mg/mL) com concentrações de 0 a 10 µg/mL. Os resultados foram aplicados aos cálculos a seguir para se obter os teores de amido total (RICKARD; BEHN,1897):

- 1- % de Sacarose= (% AR hidrólise de sacarose)-(%extrato alcoólico)*9.
- 2- % de Glucose= % AR do extrato alcoólico sem hidrolise.
- 3- % amido= (% AR hidrólise de amido)-(% AR hidrólise sacarose)*9.

A Análise de Variância (ANOVA) foi o teste estatístico empregado na comparação dos resultados de teor de lipídeos e amido, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

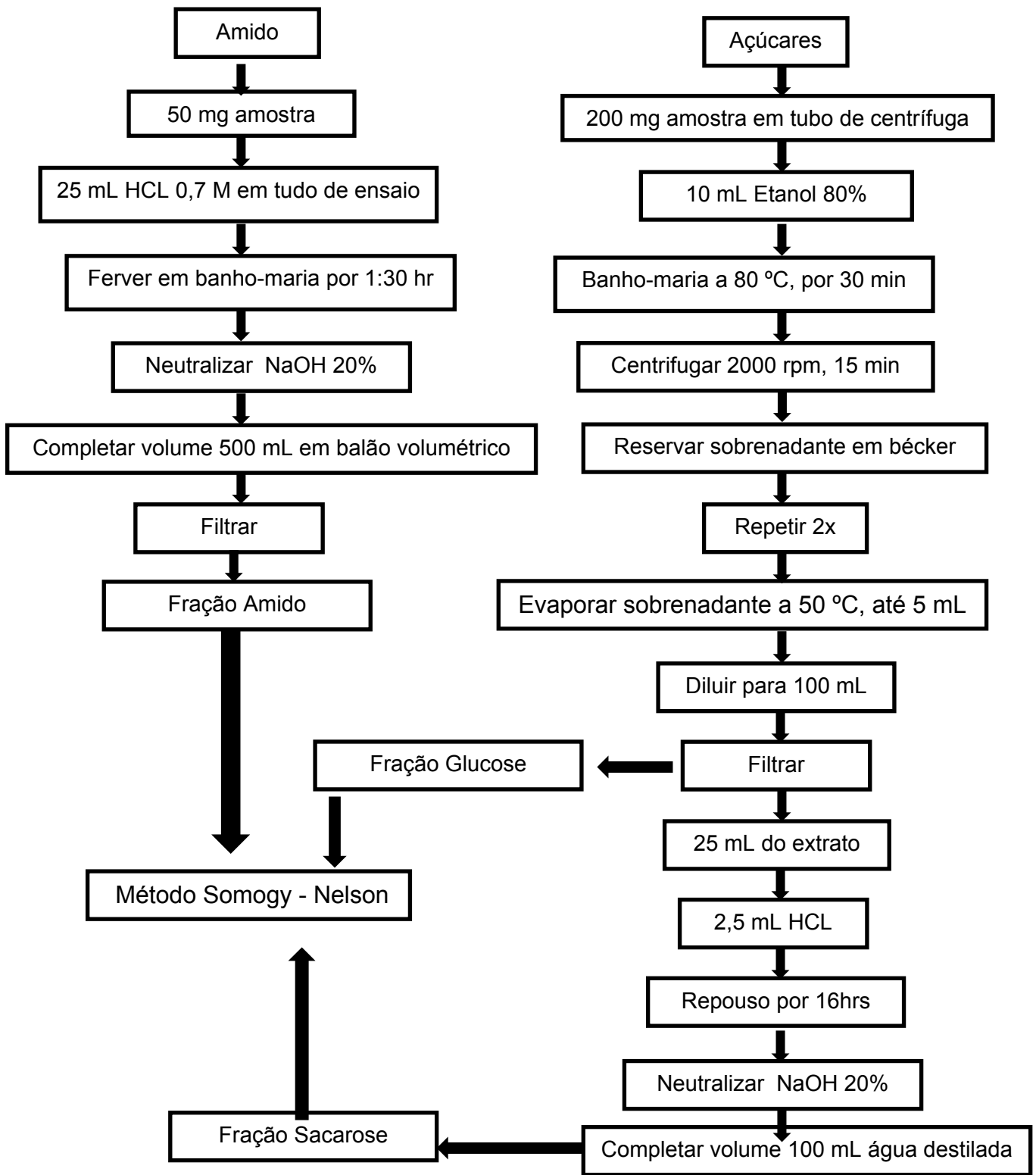


Figura 1 - Fluxograma do processo de determinação de amido.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento dos frutos é apresentado nas Figuras 1 e 2. No que se refere ao ciclo, os frutos cresceram de acordo com a característica genética de cada cultivar. Assim, os frutos das cultivares Geada e Fuerte, por serem as mais precoces, foram os primeiros a atingirem o seu máximo crescimento no início de março/2012 (Geada) e abril/2012 (Fuerte), quando foram colhidos. Observou-se em seguida, os frutos das cultivares Fortuna e Quintal que atingiram seu máximo crescimento e foram colhidos em meados de maio/2012, caracterizando como frutos de meia estação. Os frutos das cultivares Primavera e Margarida foram os mais tardios, atingindo seu máximo crescimento em julho/2012 (Primavera) e em agosto/2012 (Margarida).

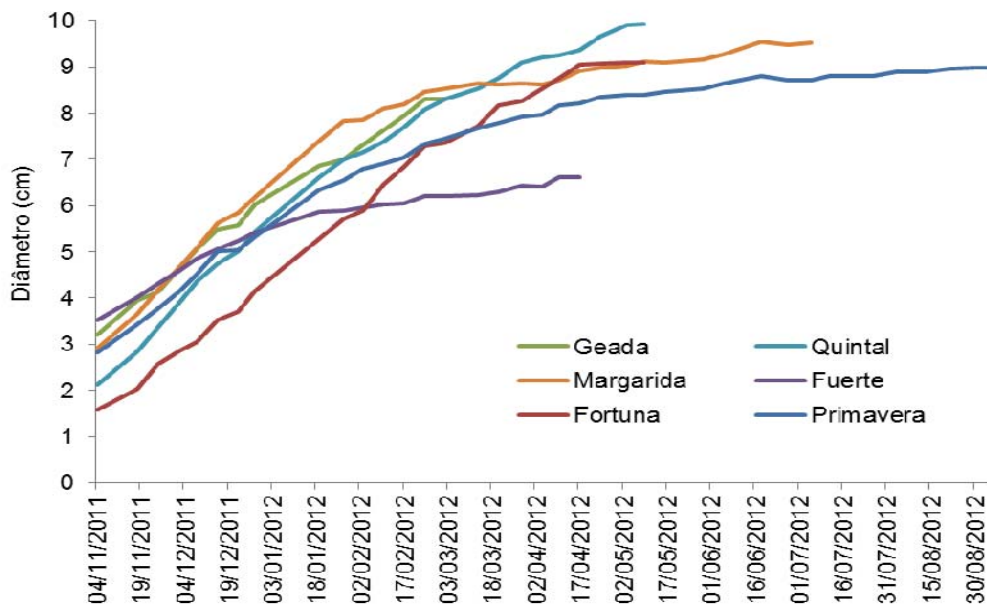


Figura 2 - Crescimento dos frutos de abacate em diâmetro. Londrina-PR, novembro de 2011 a agosto de 2012.

Em relação ao diâmetro dos frutos, representado na Figura 2, os frutos da cultivar Fuerte apresentaram menor crescimento comparado com as demais. Segundo Donadio (1995), isso se deve ao fruto ser de tamanho médio a pequeno.

Analisando a cultivar Quintal (Figura 3), de ciclo meia estação, observaram-se maiores valores de comprimento dos frutos até o ponto de maturação fisiológica, quando foram colhidos. A cultivar Geada vem em seguida também com valores altos de comprimento, no entanto, a cultivar Fortuna atingiu o mesmo tamanho da Geada um mês após, atingindo o ponto de colheita. Ambas as cultivares apresentaram formato do fruto periforme. As cultivares Primavera e Margarida têm o formato do fruto arredondado, justificando menor comprimento que as demais.

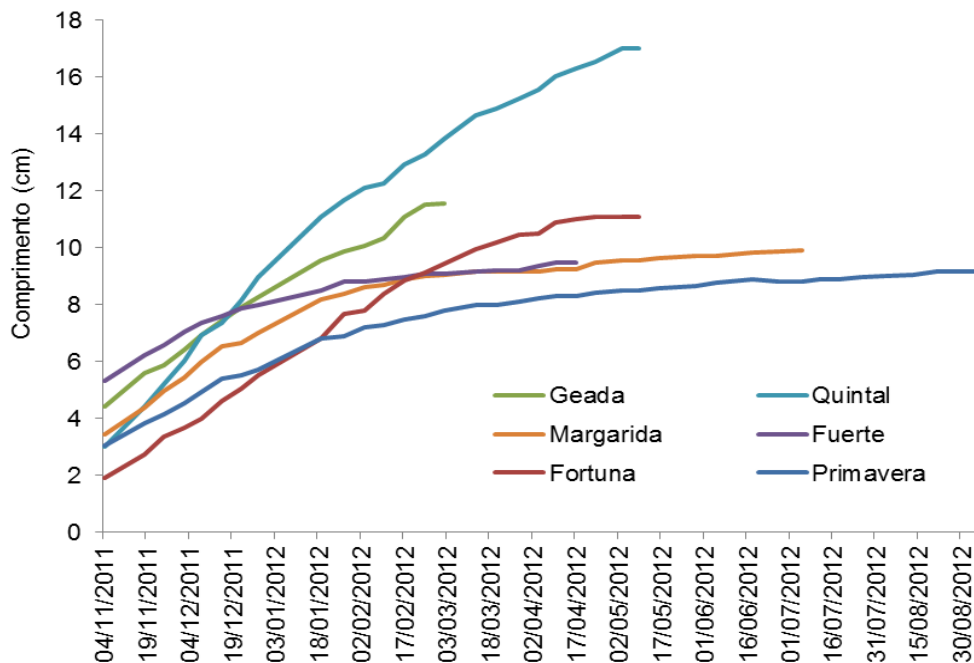


Figura 3 - Crescimento dos frutos de abacate em comprimento. Londrina-PR, novembro de 2011 a agosto de 2012.

Na tabela 1 estão representados os dados sobre percentagens das porções polpa, caroço e casca, nos frutos das seis cultivares. O conteúdo de polpa apresentou um coeficiente de variação (CV) de 8%, variando entre 63,2% e 80,06% em relação à massa do fruto. Essa porção é a de maior interesse, pois nela concentra-se a maior parte dos lípidos contidos no fruto (TANGO; TURATTI, 1992).

Tabela 1 - Proporção dos componentes polpa, caroço e casca nos frutos de abacate. Londrina-PR, 2012.

Cultivares	Polpa (%)	Caroço (%)	Casca (%)
Fortuna	76,6	16,14	7,14
Fuerte	63,2	24,3	12,49
Geada	80,06	11,39	8,53
Margarida	77,31	13,25	9,42
Primavera	72,3	15,73	11,95
Quintal	74,87	16,89	8,23
Média	74,06	16,28	9,63
CV (%)	8%	27%	22%

As cultivares de abacate possuem características distintos, como diferentes tamanhos de massas dos frutos e sementes. Avaliando os coeficientes de variação respectivos às proporções de polpa, caroço e casca, observou-se que houve menor dispersão dos valores da polpa; os coeficientes de variação encontrados para os conteúdos do caroço e casca das variedades de abacate foram maiores.

Sendo a polpa a porção de maior interesse quando se visa a extração de óleo, a cultivar que se destacou foi a Geada, apresentando menores proporções de casca e semente (19,92%) e, conseqüentemente, a maior porcentagem de polpa fresca (80,06%). A cultivar Fuerte, apresentou 36,79% de casca e caroço, e 63,20% de polpa. As outras cultivares Fortuna, Margarida, Primavera e Quintal apresentaram valores intermediários. As cultivares Fortuna, Fuerte e Quintal apresentaram valores de polpa, caroço e casca aproximados aos discutidos por Tango (2004). A cultivar Margarida também apresentou valores de polpa, caroço e casca aproximados aos discutidos por Salgado (2008). Observou-se que os frutos com maiores percentagens de polpa apresentaram menores proporções de caroço e casca.

Na tabela 2, encontram-se os teores de lipídeos (polpa) e amido (caroço) das seis cultivares analisadas. Os teores de lipídeos das polpas variam entre 55,25% e 72,14 %, indicando uma diferenciação entre as cultivares. A cultivar Fuerte diferenciou-se das demais com maior percentagem de lipídeos, já a cultivar Primavera não diferenciou da Margarida, que não diferenciou das demais cultivares.

As cultivares Quintal, Fortuna e Geada não diferenciaram estatisticamente entre si, sendo as com menor percentual de lipídeos.

Tango et al. (2004) observaram teor de óleo de 76,71% na cultivar Fuerte, 65,04% na cultivar Quintal e 46,90% na cultivar Fortuna. Salgado (2008) observou teor de óleo de 66% na cultivar Margarida (valores próximos ao encontrado no presente trabalho) na cultivar Fuerte 72,14%, Quintal 55,25%, Fortuna 55,64% e Margarida 57,10%. Esses resultados confirmam a conclusão de Arantes et al. (2008), de que as cultivares se diferem geneticamente quanto ao teor de óleo. Bessa et al. (2008) concluíram que além da diversidade genética influenciar no teor de óleo, pode haver diferenças atribuídas às diferentes condições climáticas e do solo.

Tabela 2 - Teores de lipídeos (polpa) e amido (caroço) das variedades de abacate. Londrina-PR, 2012.

Cultivares	Lipídeos (polpa)	Amido (caroço)
Fuerte	72,14 a $\pm 2,8$	62,22 a $\pm 7,4$
Quintal	55,25 c $\pm 1,6$	48,15 a $\pm 3,6$
Fortuna	55,64 c $\pm 1,5$	48,52 a $\pm 6,7$
Geada	55,84 c $\pm 2,0$	45,37 a $\pm 4,5$
Primavera	63,00 b $\pm 1,0$	45,58 a $\pm 9,0$
Margarida	57,10 bc $\pm 2,4$	59,25 a $\pm 1,4$

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao teor de amido no caroço houve uma variação de 62,22 e 45,37%, mas sem diferença significativa entre as cultivares. Segundo dados publicados por Tango et al. (2004) que avaliaram vinte e quatro cultivares, tanto para teor de óleo (polpa) como amido (caroço), as sementes dos frutos das cultivares ricas em óleo nas polpas apresentaram teores de amidos acima da média geral. Os teores de amido determinados para as cultivares Fortuna foram de 51,60%, Fuerte 56,60% e para a Quintal 37,20%, sendo valores próximos aos encontrados neste trabalho.

Segundo Passaretti Filho et al. (2008) estas características do caroço de abacate apresentam um potencial para a produção de etanol, pois este contém um alto teor de amidos totais que, quando submetidos a um processo de hidrólise, elevam o teor do grau Brix do caldo, criando condições para o processo de

fermentação. Menezes et al. (2009) concluíram que o álcool etílico, obtido do caroço pode ser uma segunda matéria-prima para a obtenção do biodiesel.

3.6 CONCLUSÕES

A diversidade de ciclos de maturação observada nesse trabalho mostra a viabilidade de se combinar variedades com diferentes épocas de colheita, possibilitando ao produtor a colocação de frutos no mercado em diferentes épocas e o suprimento prolongado de matéria prima para produção de biodiesel.

Dentre as cultivares Geada, Fuerte, Fortuna, Quintal, Primavera e Margarida, embora algumas tenham alta proporção de cascas e caroços, todas se apresentam como boas alternativas para extração de óleo devido ao alto teor de lipídeos de suas polpas.

Dentre as variedades estudadas a Fuerte apresenta maior teor de lipídeos na polpa, mas não teve a maior porcentagem de polpa.

Com base nos resultados deste trabalho, fica evidente a possibilidade de se estabelecer plantações de abacateiros com cultivares que apresentem altos teores de óleo na polpa, amido no caroço e diferentes épocas de maturação, o que poderá contribuir para viabilizar a instalação de indústrias de biocombustíveis no Paraná.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. 1298p.

ARANTES, A. C. C.; ELIAS, K. F. M.; LIMA, V. M.; FRAGA, A. C.; CASTRO NETO, P. Avaliações físicas e químicas de abacate. In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5., 2008, Lavras – MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2008.

BESSA, O. R.; FARIA, G. F.; CUNHA, D. F.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C. Caracterização Física de Frutos de Abacate (*Persea Americana* Mill) Visando seu Potencial para Extração de Óleo. In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5., 2008, Lavras – MG. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2008.

CAMPOS, J. S. Cultura racional do abacateiro. SP, ICONE. **Coleção Brasil Agrícola**. p.11-136. 1985

CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. Abacate: da cultura ao processamento a comercialização. **Séries frutas tropicais-1**. Campinas: ITAL, p. 212. 1978

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação**: aspectos técnicos da produção. 2º ed. Brasília: DENACOOB, 1995. 53p. (Série de publicações técnicas da FRUPEX)

MALO, S.E. **Manual del cultivo del aguacate**. Espanha, 1975. p 44.

MENEZES, M.L.; LOPES, L.F.S.; PASSARETTI FILHO, J., Síntese de biodiesel empregando óleo de abacate. **Analytica**, n. 44, p. 68-78. 2009. Disponível em: <http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/revista_digital/artigos_analytica_44.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2013.

MONTENEGRO, H. W. S. **A cultura do abacateiro**. São Paulo: melhoramentos, 1961. 102p. (Criação e Lavoura, n.11).

NELSON, N. A. A. Photometrica daptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 135, n. 1, p. 136-175, Jan. 1994.

PASSARETI FILHO, J.; PINTO, E. A. T.; MENEZES, M. L. Avaliação de Hidrólises Enzimáticas no Carço de Abacate para Produção de Etanol. In: 5º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5., 2008, Lavras – MG. **Anais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2008.

ROSSELL, C. E. V. “**III Workshop Tecnológico sobre Hidrólise para produção de Etanol**” Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas Sessão 3: “Fermentação do Hidrolisado” Unicamp, Campinas 2006.

RICKARD, J.E.; BEHN, K.R.; Evolution of acidand enzimhidrolytic methods of the determination of cassava starch. **Journal Science Food Agriculture.**, v.41, n. 4, p.373-379, 1897.

SALGADO, J. M.; DANIELI, F.; REGITANO-D’ARCE, M. A. B.; FRIAS, A.; MANSI, D. N. Óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** [online]. 2008, vol.28, p. 20-26. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000500004>>. Acesso em: 25 jan. 2013

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B.; Caracterização Física e Química de Frutos de Abacate Visando a seu Potencial para Extração de Óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – São Paulo, v.26, n.1, p.17 -23, 2004.

TANGO, J. S.; TURATTI, J. M. Óleo de abacate. In: ABACATE – cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, 1992. p. 156-192.

WIELGOLASKI.F. E. Phenology in agriculture. In: Lieth, H. **Phenology seasonality modeling**. Chapman & Hall, London.1974. p. 369-381.

ZARO, G.C.; CARVALHO, S. L. C.; RICCE, W. S.; CARAMORI, P. H.; MORAIS, H. Potencial do abacateiro para produção de biodiesel no estado do Paraná. In: I Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia SIMBBETC. 2011. 1., Londrina – PR. **Anais...** Londrina – PR. Universidade Estadual de Londrina, 2011.

4 ARTIGO B: TOLERÂNCIA A GEADA EM ABACATEIROS DE DIFERENTES ORIGENS

4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar a tolerância a geada em cultivares de abacate de diferentes origens. As cultivares analisadas foram: Geada e Fortuna (raça antilhana); Fuerte (híbrido de mexicana x guatemalense); Quintal, Margarida (híbrido de antilhana e guatemalense) e Primavera, visando a expansão desta cultura como uma alternativa para produção de biodiesel. O experimento foi conduzido no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina (23°23'S, 50°11'W). Em uma câmara de crescimento, foram realizados tratamentos com temperaturas mínimas de -2,5 °C, -4 °C, -5 °C e -6 °C, comparados com um controle exposto à temperatura ambiente. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Os seguintes parâmetros foram avaliados: taxa fotossintética das plantas após 1 dia, 7 dias e 21 dias; potencial de pressão; e danos foliares visuais após 21 dias. A temperatura mínima de -4 °C provocou a morte das folhas em 33% das plantas. A exposição a -5 °C foi letal para 66% das plantas, enquanto que a -6 °C todas as plantas morreram. A fotossíntese foi prejudicada pelas baixas temperaturas e nos tratamentos -5 °C e -6 °C os valores foram zero, demonstrando que o processo foi completamente paralisado e as plantas estavam somente respirando. A cultivar Fuerte foi a mais tolerante, enquanto a Primavera foi a mais sensível às geadas.

Palavras-chaves: Cultivares, abacate, baixas temperaturas, dano foliar, fotossíntese.

4.2 ABSTRACT

The objective of this study was to identify frost tolerance in avocado cultivars from different sources. The following cultivars were analyzed: Geada and Fortuna (West Indian race); Fuerte (Guatemalan x Mexican hybrid); Quintal and Margarida (Guatemalan x West Indian hybrid) and Primavera, aiming at the expansion of this crop as an alternative for biodiesel production. The experiment was conducted at the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR) in Londrina (23° 23'S, 50° 11'W). In a growth chamber treatments were performed with minimum temperatures of -2.5 °C, -4 °C, -5 °C and -6 °C, compared with a control at ambient temperature. The experimental design was a completely randomized in a factorial design with four replications. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test ($P < 0.05$). The following parameters were evaluated: photosynthetic rate after 1 day, 7 days and 21 days; pressure potential, and visual leaf damage after 21 days. The minimum temperature of -4 °C caused death in 33% of the leaves of plants. Exposure to -5 °C was lethal to 66% of the plants, while at -6 °C all plants died. Photosynthesis ceased under temperatures of -5 °C to -6 °C, showing that the process was completely paralyzed and only respiration was occurring. The Fuerte cultivar was the most tolerant, while the Primavera was the most sensitive to frost.

Keywords: Cultivar, avocado, low temperatures, leaf damage, photosynthesis.

4.3 INTRODUÇÃO

Diversas espécies vegetais oleaginosas podem ser utilizadas na produção de biodiesel. O abacate apresenta-se como uma oleaginosa promissora para a produção de biodiesel. É cultivado em quase todos os Estados do Brasil. Trata-se de uma planta frutífera das mais produtivas por unidade de área cultivada (TANGO; TURATI, 1992).

São conhecidas três raças de abacate com distintas exigências climáticas com referência ao fator térmico: Antilhana, Guatemalense e Mexicana. A raça Antilhana é natural das terras baixas das Américas Central e Sul, em altitudes inferiores a 800 metros. As plantas desta raça são exigentes em calor e umidade e prejudicadas onde as temperaturas atingem 6 °C ou menos. São favorecidas por abundância de precipitações, especialmente em clima com verão chuvoso e inverno seco. A raça Guatemalense é originária das terras altas da América Central e sul do México, em altitudes entre 800 e 2400 metros, sendo considerada subtropical. Pode ser cultivada onde as médias de temperaturas mínimas mostram-se superiores a 4,5 °C. A raça Mexicana tem origem nas áreas elevadas do México, Equador, Peru e Chile, em altitudes entre 2400 e 2800 metros. É muito resistente ao frio, podendo suportar temperaturas mínimas até -2,2 °C (CIAGRO, 2009).

Sabe-se que muitas plantas desenvolvem mecanismos específicos com a finalidade de sobrevivência em ambientes prolongados de congelamento e que a resistência ou a tolerância ao frio pode ser característica genética e dependente da idade da planta. Plantas jovens de abacate são muito sensíveis à radiação solar intensa e a geadas, necessitando de proteção adequada (KOLLER, 1984). Mindello Neto et al. (2004), avaliaram tolerância ao frio de 8 variedades de mudas de abacate em Canoinhas, SC, utilizando dois métodos de proteção, e concluíram que não houve diferença entre as cultivares de abacate utilizadas em relação à tolerância ao frio, independentemente do sistema de proteção. Sendo assim levantaram a hipótese de que as mudas de abacate não tiveram capacidade de expressar resistência ao frio, devido à pouca idade.

As principais exigências climáticas da cultura do abacate são precipitação e temperatura, que pode ser um fator restritivo ao cultivo. Portanto torna-se necessário conhecer o clima em locais de interesse de cultivo. No estado do Paraná a ocorrência de geadas é frequente em grande parte do estado, devido ao

deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia. Isso ocorre com bastante frequência no inverno, causando a ocorrência de geadas inclusive no norte do Estado, com danos frequentes à agricultura paranaense. O número de geadas varia de acordo com o local, tendo uma relação direta entre os fatores latitude e altitude (GRODZKI et al., 1996).

Wregeet al. (2005) analisando a distribuição espacial do risco de geadas no estado do Paraná, com propósito de identificar as regiões aptas para o cultivo da cana-de-açúcar, observaram que o relevo exerce influência sobre a temperatura e sobre os riscos de geada. Os riscos são maiores nas áreas mais elevadas do Sul, onde em praticamente todos os anos há riscos elevados de geada. As áreas de menor altitude do Norte apresentam menor ocorrência de geadas, apresentando menos de uma geada severa a cada dez anos. Em noites de céu aberto e na ausência de ventos, há uma estratificação do ar frio que, por ser mais denso, acumula-se próximo à superfície. Assim, forma-se um gradiente de temperatura, sendo menor quanto mais próximo ao solo. Devido ao fato de ocorrer justamente o inverso da condição diurna, este fenômeno é denominado “inversão térmica” (PEREIRA et al., 2002; CARAMORI et al., 2002).

A temperatura, assim como a intensidade luminosa e a concentração de gás carbônico no ar, afeta também a fotossíntese. Temperatura abaixo ou acima da “ótima” resulta em condição restritiva para as reações de fotossíntese. Abaixo da temperatura “ótima” a energia cinética das moléculas reagentes (CO_2 , H_2O) é insuficiente para conseguir o rendimento químico. Já com temperatura acima da “ótima” as enzimas vão se desnaturando, podendo inclusive paralisar as reações (KLUNGE, 2006).

Machado et al. (2010), testando a hipótese de que a baixa temperatura noturna na fotossíntese é dependente do porta-enxerto, concluíram que a ocorrência do frio afeta a fotossíntese, devido à menor condutância estomática.

Em vista disto este trabalho teve o propósito de caracterizar, em condições controladas, a tolerância a baixas temperaturas de grupos de cultivares de abacateiro de diferentes origens, para dar suporte ao zoneamento de risco climático desta cultura.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado no norte do estado do Paraná, em Londrina (lat. 23°23' S e long. 50°-11' W) e altitude de 566m. A temperatura média anual no município é de 21 °C, sendo a média do mês mais quente (janeiro) de 24 °C e a média do mês mais frio (junho) 17 °C (CAVIGLIONE et al., 2000).

As mudas de abacate das cultivares Geada, Fortuna (raça antilhana), Fuerte (híbrido de mexicana x guatemalense), Quintal, Margarida (híbrido de antilhana e guatemalense) e Primavera foram adquiridas no Sítio São Miguel, Viveiro Santa Paulina - Cordeirópolis (SP) um total de vinte mudas de cada cultivar em setembro de 2012. As mudas foram acondicionadas em sacos plásticos e foram mantidas em viveiros, utilizando cobertura de sombrite com atenuação de 50% da radiação solar até a aplicação dos tratamentos, quando atingiram aproximadamente 1 m de altura e em média 10 folhas por planta.

Para a simulação das temperaturas mínimas, utilizou-se uma câmara de crescimento (S.S. Scientific), com programação para 24 pontos de temperaturas a cada 24 horas. As plantas foram acondicionadas na área útil de teste e submetidas às seguintes temperaturas mínimas: -2,5 °C, -4 °C, -5 °C e -6 °C. Um lote de plantas foi mantido na casa de vegetação como testemunha. A programação da câmara foi feita de forma que reproduzisse as condições naturais, baseando-se em uma situação real de geada. A luminosidade no interior da câmara foi programada para simular um dia de aproximadamente 12 h. As plantas foram acondicionadas no interior da câmara por volta das 12 h e passaram por um período de aclimatização de vinte e quatro horas, com temperatura mínima de 5 °C e 60 % de umidade relativa. Após a aclimatização, a temperatura foi reduzida linearmente, atingindo as mínimas propostas, aproximadamente às 6 h e, mantida por uma hora, voltando a subir até atingir equilíbrio aos 13 °C após 6 h, quando as plantas foram transferidas para o viveiro. A umidade se elevou conforme o decréscimo da temperatura, atingindo valores próximos à saturação no momento da temperatura mínima, de acordo com o observado por Silva (2004).

Vinte e quatro horas após as mudas terem sido retiradas da câmara e acondicionadas em casa de vegetação, realizaram-se as medições da fotossíntese por meio de um analisador de gás portátil IRGA, LCpro-SD, utilizando luz artificial

com P.A.R. incidente na superfície foliar de $869 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. As avaliações de fotossíntese líquida foram repetidas aos sete e vinte e um dias após o evento.

Também foi medido o potencial de água vinte quatro horas após todos os tratamentos e nas testemunhas, foi avaliado utilizando psicrômetros de termopar (modelo C-30, Wescor, Inc.) conectados a um datalogger (modelo CR-7, Campbell Scientific, Inc). Foram coletados dois discos foliares com área de $2,04 \text{ cm}^2$ cada, das folhas localizadas na terço médio das plantas. O potencial de pressão foi obtido com a utilização de nitrogênio líquido.

Os danos visuais causados pelas temperaturas mínimas foram avaliados atribuindo-se notas para as injúrias observadas nas folhas e tronco. A escala de notas de danos variou de 1 a 5, de acordo com a injúria da planta (CARAMORI et al., 2002), conforme Tabela 1 e Figura 1. O levantamento dos danos visuais às plantas foi realizado vinte e um dias após o tratamento.

Tabela 1 - Escala de notas de danos causados por baixas temperaturas, de acordo com a injúria na planta.

Nota	Dano
1	Sem dano
2	Dano leve
3	Dano moderado
4	Dano severo
5	Morte total



Figura 1 - Escala dos danos visuais.

As plantas foram avaliadas visualmente quanto ao grau de dano à parte aérea pelo critério de notas, de 1 a 5, sendo: 1 = Nenhum dano; 2= Folhas com

dano leve; 3 = Folhas com dano moderado; 4 = Folhas com dano severo e 5 = Morte total.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial, sendo seis cultivares e cinco níveis de temperaturas mínimas com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da fotossíntese líquida obtidos após 24 horas (Tabela 2) do evento não apresentaram diferenças significativas, quando comparadas entre as cultivares em condições ambientais (controle) para a temperatura mínima de -2,5 °C. Já com temperatura de -4 °C, a cultivar Fuerte se diferenciou da Margarida e Primavera, não diferenciando das demais.

Todas as cultivares analisadas suportaram exposição a temperaturas mínimas de até -4 °C, com exceção da Primavera, com redução acentuada na fotossíntese líquida. Quando submetidos à temperatura mínima de -5 °C, as únicas cultivares que apresentavam folhas verdes e com atividade fisiológica foram a Fuerte e Geada, embora com queda sensível da fotossíntese líquida na cultivar Geada.

Tabela 2 - Valores médios de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 24 horas após o evento em mudas de abacate submetido a temperaturas negativas e controle em condições ambientais.

Cultivares	Temperaturas (°C)				
	Controle	-2,5	-4,0	-5,0	-6,0
Geada	9,77 A a	8,64 A a	7,72 A ab	2,14 B b	0,00 B a
Fuerte	12,76 A a	6,46 B a	11,54 A a	6,73 B a	0,00 C a
Fortuna	9,77 A a	5,21 B a	9,30 AB ab	0,00 C b	0,00 C a
Quintal	8,37 A a	7,18 A a	8,59 A ab	0,00 B b	0,00 B a
Margarida	10,42 A a	5,64 B a	6,78 AB bc	0,00 C b	0,00 C a
Primavera	9,54 A a	6,65 AB a	3,18 BC c	0,00 C b	0,00 C a
C.V. (%)			35,57		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As avaliações efetuadas aos 7 dias do evento, independente das cultivares, não apresentaram diferenças significativas com exposição a temperaturas

de -2,5 e -4 °C. Sob temperatura de -5 °C as cultivares apresentaram-se com folhas danificadas, com exceção da Fuerte e Geada. Somente a cultivar Fuerte mostrou-se apta fisiologicamente, superior inclusive à Geada. A exposição à temperatura de -6°C, provocou danos severos a todas cultivares (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 7 dias após o evento em mudas de abacate submetidas a temperaturas negativas.

Cultivares	Temperatura (°C)			
	-2,5	-4,0	-5,0	-6,0
Geada	6,87 A a	7,27 A ab	1,77 B b	0,00 B a
Fuerte	9,13 A a	7,44 A ab	8,23 A a	0,00 B a
Fortuna	7,60 A a	5,06 A ab	0,00 B b	0,00 B a
Quintal	8,77 A a	7,32 A ab	0,00 B b	0,00 B a
Margarida	7,14 A a	7,80 A a	0,00 B b	0,00 B a
Primavera	6,91 A a	4,30 A b	0,00 B b	0,00 B a
C.V. (%)	35,77			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Passados 21 dias da exposição às temperaturas baixas, houve uma pequena recuperação da fotossíntese na cultivar Fortuna, mas esta foi inferior estatisticamente quando comparada com a Fuerte, o mesmo acontecendo com a Geada (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 21 dias após o evento em mudas de abacate submetidas a temperaturas negativas.

Cultivares	Temperatura (°C)			
	-2,5	-4,0	-5,0	-6,0
Geada	10,96 A a	7,72 A ab	3,06 B b	0,00 B a
Fuerte	8,68 A a	11,54 A a	8,13 A a	0,00 B a
Fortuna	6,31 A a	9,30 A a	0,00 B b	0,00 B a
Quintal	8,82 A a	8,59 A a	1,76 B b	0,00 B a
Margarida	10,20 A a	6,78 A ab	0,00 B b	0,00 B a
Primavera	8,57 A a	3,18 B b	0,00 B b	0,00 B a
C.V. (%)	42,67			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O potencial hídrico pode ser utilizado para determinar o estado hídrico de uma planta, sendo possível obter, através do somatório de seus componentes, os potenciais osmótico e de pressão ou hidrostático.

Os valores do potencial de pressão foram obtidos pelo método psicrométrico (Tabela 5). Até a temperatura de - 4°C, todas as cultivares exibiram potencial de pressão com valores positivos. A cultivar Fortuna apresentou valor menor, diferenciando das demais cultivares.

Somente a cultivar Fuerte, sob condição de temperatura de - 5°C apresentou potencial com valores positivos maiores, com células ainda intactas, diferenciando das demais cultivares que apresentavam valores negativos, comprovando que os tecidos encontravam-se danificados, com o rompimento das paredes celulares. Em temperatura de - 6°C, todas as cultivares foram danificadas pelo frio.

Tabela 5 - Valores médios de potencial de pressão em mudas de abacate submetidas a temperaturas negativas e controle sem estresse.

Cultivares	Potencial de pressão (MPa)*				
	Controle	-2,5	-4,0	-5,0	-6,0
Geada	0,82 A a	0,13 B a	0,79 A ab	-0,34 BC b	-0,57 C b
Fuerte	0,58 AB a	0,36 B a	0,93 A ab	0,38 B a	-0,36 C ab
Fortuna	0,51 A a	0,21 AB a	0,59 A b	-0,25 B b	-0,22 B ab
Quintal	0,52 AB a	0,41 BC a	1,00 A ab	-0,22 D b	-0,13 CD a
Margarida	0,65 B a	0,34 BC a	1,26 A a	-0,26 D b	-0,11 CDab
Primavera	0,63 ABa	0,46B a	1,00 A ab	-0,28 C b	-0,24 C ab
C.V. (%)			2,19 #		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. # Valores transformados para análise de variância: $\sqrt{x+5}$ e * valores reais.

Os valores dos danos avaliados visualmente, decorridos 21 dias, estão expostos na Tabela 6. Os prejuízos apareceram acentuadamente com temperatura de -5 °C para todas as cultivares, com sintomas mais proeminentes para a cultivar Primavera já com -4 °C e significativamente maiores quando comparada com as outras cultivares. A cultivar Fuerte apresentou danos inferiores a Fortuna, Quintal e Primavera, não diferenciando das demais. Não houve diferenças entre as cultivares com temperatura de -6 °C, com danos severos apresentados por todas as plantas (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios de danos visuais em mudas de abacate submetidas à temperatura negativas aos 21 dias após o evento.

Cultivares	Temperaturas (°C)				
	Controle	-2,5	-4,0	-5,0	-6,0
Geada	1,00 A a	1,00 A a	1,75 A ab	4,00 B ab	5,00 C a
Fuerte	1,00 A a	1,00 A a	1,00 A a	3,25 B a	4,75 C a
Fortuna	1,00 A a	1,25 A a	1,00 A a	4,25 B b	5,00 B a
Quintal	1,00 A a	1,00 A a	1,00 A a	4,50 B b	5,00 B a
Margarida	1,00 A a	1,00 A a	1,00 A a	4,00 B ab	5,00 B a
Primavera	1,00 A a	1,00 A a	2,50 B b	4,75 C b	5,00 C a
C.V. (%)	22,23				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Soares et al. (2002), observando o comportamento de 13 cultivares de abacate com seis anos de idade quanto a tolerância ao frio, em condições de campo, com termômetros no abrigo da estação meteorológica local em Capão Bonito, estado de São Paulo, sob temperatura mínima do ar de -2,8 °C concluíram que as cultivares Fuerte, Jumbo, Ermor e Solano apresentaram menor grau de injúria na copa.

No estado de Santa Catarina, Mindêllo Neto et al. (2004) avaliaram a tolerância ao frio de mudas de 8 cultivares de abacate, utilizando dois métodos de proteção contra geadas e concluíram que não houve diferença entre as cultivares estudadas. Nesse estudo os autores levantaram a hipótese de que as mudas não tiveram a capacidade de expressar resistência ao frio por serem ainda jovens.

Segundo Malo (1978), Koller (1984) e Calabrese (1989), independentemente da finalidade de proteção que se quer atingir, a proteção de plantas jovens de abacate é necessária, pois elas são muito sensíveis às condições climáticas, tais como radiação solar intensa, incidência de ventos fortes e, principalmente, geadas.

4.6 CONCLUSÕES

Os danos de geada foram severos a partir da exposição a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, com comportamento diferenciado entre as cultivares. A cultivar Fuerte apresentou maior tolerância a geada, resistindo até $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ com menores danos, em condições de ambiente controlado. As cultivares Geada e Quintal apresentaram comportamento intermediário, realizando fotossíntese parcialmente aos 21 dias após exposição a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. As cultivares Fortuna, Margarida e Primavera não se recuperaram satisfatoriamente após 21 dias, paralisando o processo de fotossíntese. A cultivar Primavera mostrou-se a mais sensível e deve ser recomendada somente nas áreas de geadas menos frequentes.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G.A.; CARAMORI, P.H.; SOUZA, F.S.; MARUR, C.J.; RIBEIRO, A.M.A. Temperatura mínima letal para plantas jovens de pinhão-manso. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.799-803, 2008.
- CALABRESE, F. **Fruticultura moderna: Avocado**. Edizioni Agricole. Itália, 1989.
- CARAMORI, L.P.C.; CARAMORI, P.H.; MANETTI FILHO, J. Effect of leaf water potential on cold tolerance of *Coffea arabica* L. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, n.4, p.439-443, 2002.
- CAVIGLIONE, J.H.; CARAMORI, P.H.; KIIHL, L.B.; OLIVEIRA, D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina, 2000. IAPAR. 1 CD-ROM.
- CIIAGRO - Centro integrado de informações agrometeorológicas. **Zoneamento macro - Aptidão ecológica da cultura do abacate**. 2009. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/znmt_macro_1.html>. Acesso em: 03 fev. 2013.
- GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 93-99, 1996.
- KLUNGE, R.A. **Fotossíntese**. Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfv.org.br/materialdidatico/download/FotossinteseKluge.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2013.
- KOLLER, O. C. **Abacaticultura**. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, 1984. 138p.

MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeiras 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.351-359, 2010.

MALO, S. E. A cultura do abacateiro. In: Simpósio sobre Abacaticultura. 1978, 1., Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1978. p.1-15.

MINDELLO NETO, Ubirajara Ribeiro. Métodos de proteção de mudas de abacate contra geada em diferentes cultivares. **Revista Brasileira de Fruticultura**. [online]. 2004, vol.26, n.2, pp. 258-260. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000200019>>. Acesso em: 03 fev. 2013.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2002. P. 385-411.

SILVA, M.A.A.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; Avaliação de elementos meteorológicos durante a ocorrência de geada em cultivo de pimentão, nas condições de ambiente protegido e campo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p. 35-41, 2004.

SOARES, N. B.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; TEIXEIRA, L. A. J.; De Castro, J. L. Tolerância a baixas temperaturas de cultivares de abacate (*Persea americana* Mill.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.721-723, 2002.

TANGO, J. S.; TURATTI, J. M. **Óleo de abacate**. In: ABACATE – cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, 1992. p. 156-192.

WREGE, M.S.; CARAMORI, P.H.; GONÇALVES, A.C.A.; BERTONHA, A.; FERREIRA, R.C.; CAVIGLIONE, J.H.; FÁRIA, R.T.; DE FREITAS, P.S.L.; GONÇALVES, S.L. Regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n.1, p. 113-122, 2005.

5 ARTIGO C: ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO ABACATEIRO NO PARANÁ PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

5.1 RESUMO

O abacateiro apresenta grande diversidade de tolerância a baixas temperaturas devido às suas regiões de origem. As raças mexicanas são mais tolerantes, as raças antilhanas são mais sensíveis e as guatemalenses têm comportamento intermediário. Neste trabalho o zoneamento de riscos climáticos se fundamentou na severidade das geadas, por meio da análise de séries históricas de temperaturas mínimas em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Foram identificadas quatro zonas distintas de risco, caracterizando geadas muito fortes e frequentes, onde não se recomenda o cultivo, geadas fortes onde somente a cultivar Fuerte é recomendada, geadas moderadas onde somente as cultivares Primavera e Margarida não são recomendadas e uma zona de baixo risco no norte e oeste do Paraná, onde todas as cultivares são indicadas. As diversidades de climas no Paraná e exigências térmicas das cultivares possibilitam a colheita em grande parte do ano por meio da combinação de diferentes cultivares e regiões de plantio.

Palavras-Chaves: *Persea americana*, biodiesel, risco de geadas, graus-dia, épocas de colheita.

5.2 ABSTRACT

Avocado cultivars have a great diversity of tolerance to low temperatures due to their regions of origin. The Mexican breeds are more tolerant, the West Indian breeds are more sensitive and the Guatemalan breeds have intermediate behavior. In this work, the zoning of climate risks in Parana state was based on the severity of frost, through the analysis of historical series of minimum temperatures in a Geographic Information System. We identified four distinct areas of risk, namely, a zone with very strong and frequent frosts where cultivation is not recommended, a zone where frosts are strong and only the cultivar Fuerte is recommended, a zone with moderate frosts and only Primavera and Margarida cultivars are not recommended, and a zone of low risk in the north and west of Paraná, where all cultivars are indicated. The diversity of climates in Paraná and thermal requirements of the cultivars allow the harvest during most of the year through a combination of different cultivars and growing regions.

Keywords: *Persea americana*, biodiesel, risk of frost, degree days, harvesting period

5.3 INTRODUÇÃO

No Brasil o abacate é cultivado em quase todos os estados, mesmo em terrenos acidentados, a produção se dá o ano todo. A produção brasileira está distribuída principalmente pela Região Sudeste, seguida pelo Nordeste e Sul, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com produção

estimada, em 2011 de 92 mil toneladas (57,3% do total nacional). O segundo estado maior produtor, Minas Gerais, apresenta participação ao redor de 19%, seguido dos estados do Paraná com 11%, Rio Grande do Sul com 4% e Ceará com 3%. No estado do Paraná a área cultivada está ao redor de 944 hectares onde foram produzida cerca de 17,304 mil toneladas em 2011, com a maior produção concentrada na região norte e sudeste (IBGE, 2013).

O Paraná é um estado de transição climática devido a grandes variações de altitude e latitude, o que condiciona variações no clima e no regime de geadas. As regiões sul e sudoeste do estado, por exemplo, têm altitudes que variam de 800 até 1300m acima do nível do mar, nos vales dos rios Paranapanema e Paraná variam de 200 a 350m, condicionando temperaturas elevadas no verão (CARAMORI et al., 2001).

O abacateiro (*Persea americana*) é uma fruteira nativa do continente americano. O comportamento das cultivares em relação ao frio se difere conforme a raça a que pertencem. Os abacateiros da raça antilhana, originários das regiões de baixa altitude da América do Sul e da América Central, são pouco resistentes ao frio, danificando-se com a temperatura ao redor de -2°C . As cultivares da raça guatemalense originaram das regiões altas da América Central, são mais resistentes ao frio que as antilhanas, com resistência semelhante à das laranjeiras. Os abacateiros da raça mexicana, originários das regiões altas do México e da cordilheira dos Andes, são os mais resistentes ao frio, suportando temperaturas próximas de -1°C a -7°C , dependendo do tempo de duração da mínima, ocorrendo, porém, danos nas folhas, flores e frutos conforme a cultivar (CANTO, SANTOS E TRAVAGLINI, 1978; CAMPOS, 1985). A possibilidade da hibridação tanto das raças como de seus híbridos dá a planta condições de adaptação às mais variadas situações de clima e solo que superam as de qualquer outra frutífera (MALO, 1975).

Existe inúmeras cultivares de abacate que surgiram com o passar do tempo através de cruzamentos das raças e de seus híbridos. As cultivares existentes apresentam frutos com as mais variadas formas, tamanhos e pesos, assim como, diferentes proporções de casca, polpa e caroço (DONADIO, 1992). As cultivares mais utilizadas no mercado interno são: Simmonds (grupo A), Barbieri (B), Collinson (A), Quintal (B), Fortuna (A), Breda (A), Reis (B), Solano (B), Imperador (B), Ouro Verde (A) e Campinas (B). No mercado externo e para a industrialização são mais empregadas as cultivares: Tatuí (grupo B), Hass (A) e Wagner (A). As cultivares

Hass e Fuerte vêm sendo comercializadas no mercado nacional sob a denominação “Avocado” e por ser cultivares diferenciadas têm sido mais valorizadas. As cultivares: Ouro Verde, Geada e Fortuna são mais comerciáveis no exterior, devido ao seu formato (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005).

A época de maturação das variedades de abacate é bastante diferenciada em suas diversas regiões de cultivo. Isso se deve basicamente ao efeito da temperatura do ar sobre o desenvolvimento da planta, principalmente no período entre o florescimento e a maturação (LUCCHESI; MONTENEGRO, 1975). Atualmente, técnicas como a estimativa da temperatura média em função de variáveis geográficas (PEDRO JR. et al., 1991) e o conceito dos Graus-dia (HOLMES; ROBERTSON, 1959) permitem a obtenção de resultados mais precisos e detalhados do desenvolvimento das plantas nas diferentes regiões ecológicas (SENTELHAS, 1995).

A definição das zonas climáticas de maturação de abacate é de grande importância prática, pois permite a escolha das variedades que produzam, em uma determinada região, exatamente na época em que os preços de mercado sejam mais compensadores. Assim, compatibilizando-se a duração do período compreendido entre o florescimento e a colheita, com o clima local, o produtor pode planejar a sua produção de modo a colhê-la nos períodos mais favoráveis.

Os objetivos deste trabalho são analisar os riscos climáticos, determinar os períodos de colheita para cultivares de diferentes ciclos e efetuar o zoneamento agroclimático da cultura do abacateiro para o estado do Paraná.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1 Fenologia de Cultivares de Abacate

Foram utilizadas duas bases de dados para quantificar as durações dos períodos entre o florescimento e a colheita das cultivares, localizadas nas estações experimentais do IAPAR em Paranavaí (lat. 23°05’S e alt. 480m) e Londrina (lat. 23°23’S e alt. 566m). No período entre 1986 e 1996 foram coletados dados fenológicos de 24 cultivares de abacate nesses dois locais. No período entre junho de 2011 e dezembro de 2012 foram coletados dados de seis cultivares representativas dos ciclos precoce, médio e tardio em Londrina. Com a base de

dados do período 1986-1996 foram avaliadas semanalmente as datas de início da floração, floração plena, final de floração, início de colheita e final de colheita de cultivares representativas dos grupos de ciclo precoce, médio e tardio.

5.4.2 Risco Climático

Para análise dos riscos climáticos da cultura do abacateiro no Paraná foram utilizados dados de 21 estações meteorológicas convencionais do IAPAR, nas diversas regiões do estado, com períodos de observação de 1976 a 2010. Em complementação a esses dados, foram utilizadas séries históricas de precipitação do Instituto das Águas do Paraná, com o mesmo período de anos, totalizando 476 pontos de registro.

A Deficiência hídrica anual (Dha) (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) foi obtida pelo cálculo do balanço hídrico climatológico normal para as estações meteorológicas, com o auxílio da planilha desenvolvida por Rolim et al. (1998). Utilizou-se o valor de 100mm para a capacidade de água disponível (CAD) no solo, considerando que o sistema radicular do abacateiro explora uma profundidade superior a 1 metro de perfil de solo. Os resultados obtidos foram interpolados no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGis 10.0 para a geração dos mapas de deficiência hídrica anual. Para o risco de deficiência hídrica foi considerado: Alto Risco: $Dha > 100\text{mm}$ e Baixo Risco: $Dha < 100\text{mm}$.

Foram utilizadas as séries históricas de temperaturas mínimas inferiores a limites críticos, observadas no interior dos abrigos meteorológicos para calcular os riscos de geadas (CARAMORI et al., 2008). Foram calculadas as probabilidades de ocorrência de junho a setembro utilizando a distribuição de extremos, e os valores de cada estação meteorológica foram correlacionados com altitude e latitude, obtendo-se uma equação de regressão anual para estimar o risco de geadas em função desses parâmetros. Para a temperatura média anual também foi gerada a equação de regressão para estimativa em função de latitude e altitude.

Utilizando as regressões ajustadas, foram mapeados os riscos de geadas e a temperatura média anual em função da latitude, longitude e altitude para todo o Paraná, com resolução de 90m, utilizando a base do SRTM - Shuttle Radar Topography Mission (MIRANDA, 2005). Para precipitação e umidade relativa, foram gerados mapas através da interpolação por krigagem em ambiente SIG.

5.4.3 Zoneamento dos períodos de colheita

Uma vez estabelecidas as áreas indicadas ao cultivo de cada grupo de cultivar de abacate de acordo com sua tolerância ao frio, foram determinados para cada município apto a data de início e final de colheita para as cultivares de ciclo precoce, médio e tardio. Este cálculo foi realizado por meio da determinação dos graus-dia necessário para completar o período florescimento colheita para cada cultivar e as datas foram agrupadas em períodos quinzenais. (Tabela 1). Considerou-se uma temperatura base inferior a 10 °C. Em seguida foram mapeados os períodos prováveis de colheita por cultivar.

Tabela 1 - Período de florescimento, graus-dia (florescimento até colheita) e temperatura média anual para cada cultivar de abacate avaliada

Cultivar	Florescimento	Graus-dia (Florescimento – Colheita)	Temperatura Média anual
Geada	15/08 a 30/09	2280	>19°C
Fuerte	15/07 a 30/09 01/08 a 30/09	2950	>21°C >17°C
Fortuna	15/08 a 15/10	3000	>19°C
Quintal	15/08 a 15/10	2980	>19°C
Margarida	15/08 a 15/10	3540	>21°C
Primavera	15/08 a 15/10	4640	>21°C

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Risco Climático

A deficiência hídrica anual não foi limitante para a cultura de abacate no Paraná. Apenas em alguns anos, como 1985 e 1988, quando ocorreram baixas precipitações, a deficiência hídrica anual superou os 100 mm. Porém, com base nos dados de normais climatológicas, as estações meteorológicas apresentam valores de deficiência hídrica inferiores a 50 mm nas regiões norte e noroeste e ausência de deficiência para as outras regiões do Estado.

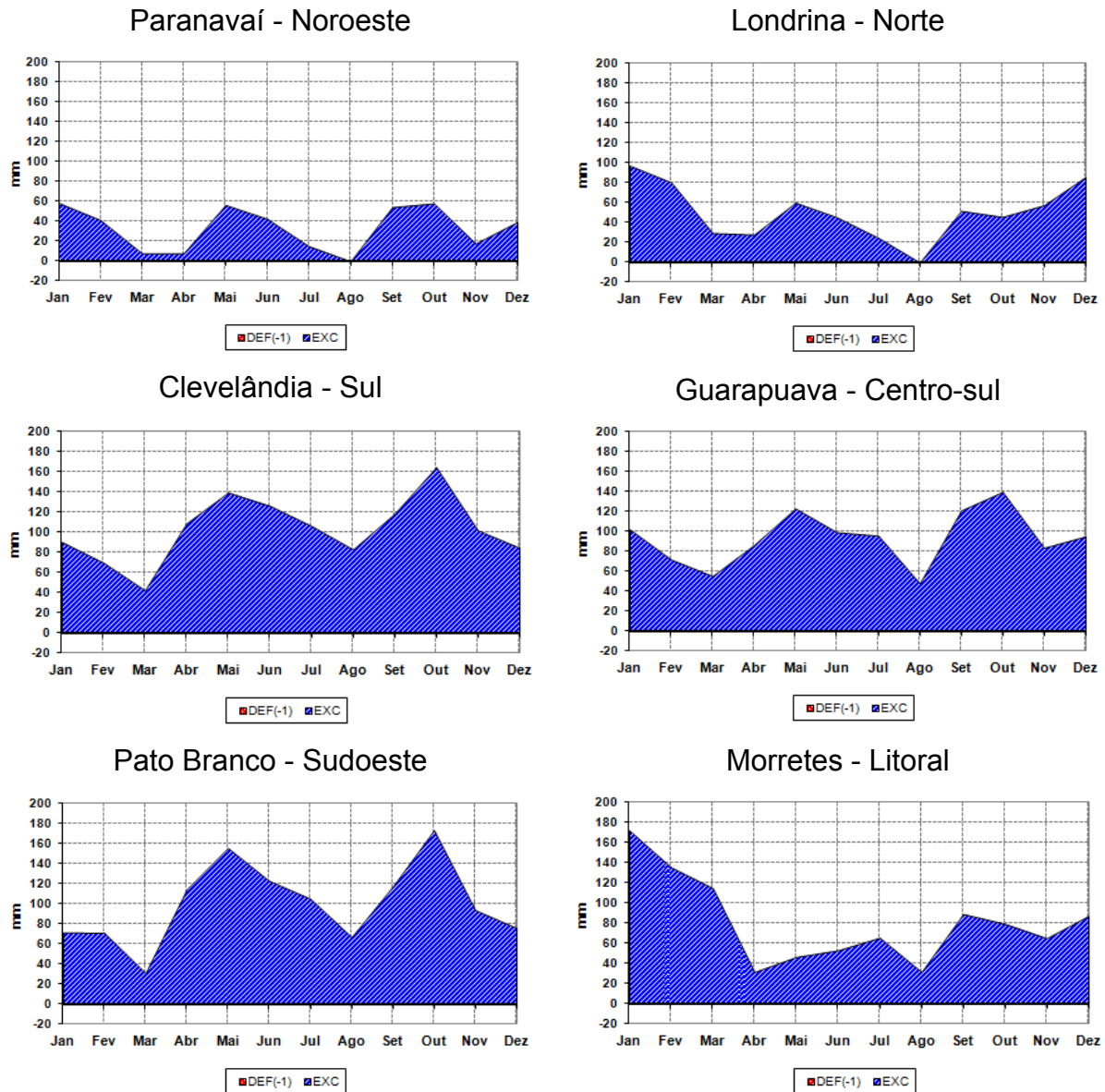


Figura 1 - Extrato do balanço hídrico climatológico normal de estações meteorológicas do IAPAR representativas de cada região do estado.

A Figura 1 ilustra o extrato do balanço hídrico climatológico de cada região do estado, apresentando os períodos com deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC). Os extratos mostram balanço hídrico menos favorável nos meses de julho a setembro na região norte e noroeste, atingindo valor próximo a 0 mm em agosto nas duas regiões. Caso haja implantação da cultura nesta época nas regiões norte e noroeste é necessário planejar o uso de irrigação. Por serem plantas exigentes em umidade, é aconselhável o cultivo em regiões com precipitação anual em torno de 1.500mm, sendo que em áreas onde a distribuição das chuvas é irregular ou insuficiente, recomenda-se a utilização de irrigação para suprir as necessidades da planta e conferir maior qualidade aos frutos produzidos.

Períodos prolongados de seca podem provocar a queda de folhas, enfraquecendo a planta em relação à produção futura. Ao contrário, o excesso de chuvas no período de florescimento pode prejudicar a atividade dos polinizadores e a qualidade do pólen, afetando a frutificação (MENDONÇA; MEDEIROS, 2011).

A ocorrência de geadas, correlacionada com a temperatura média anual, possibilita a divisão do Paraná em regiões de riscos diferentes.

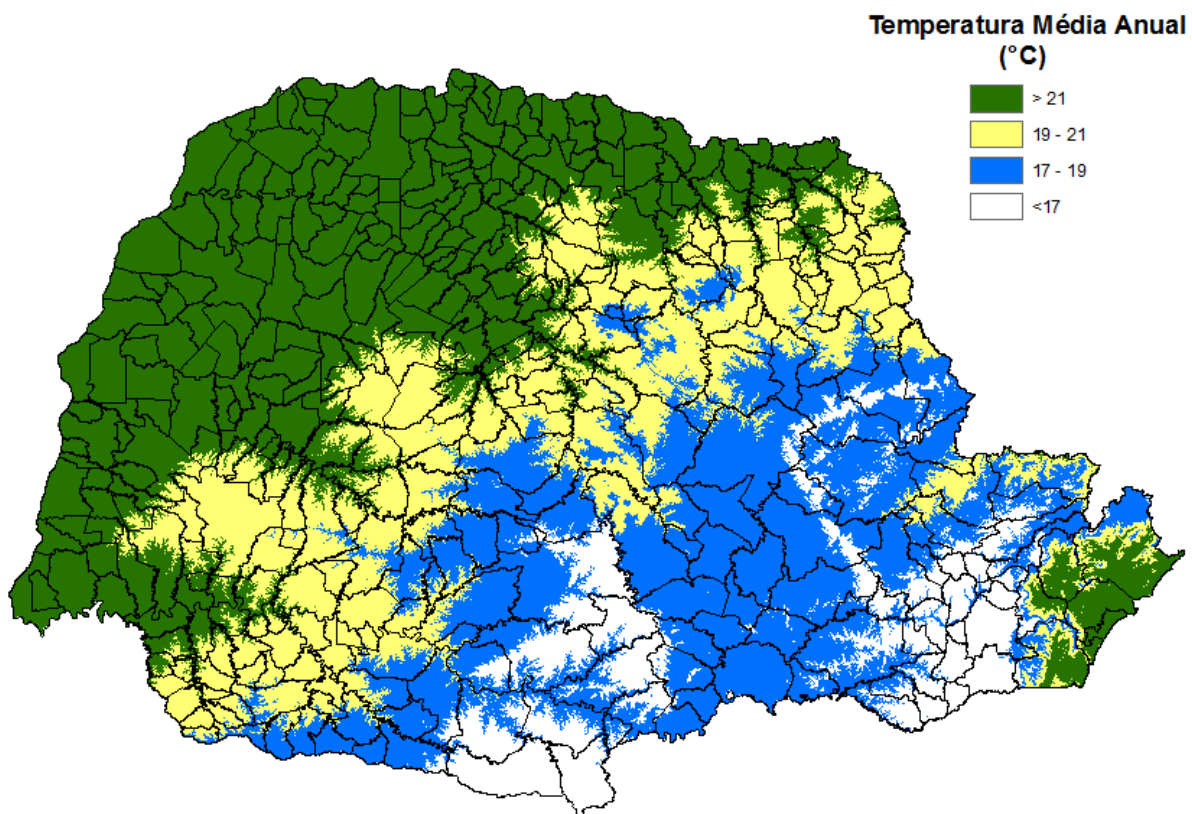


Figura 2 - Temperatura média anual e risco de geadas para o abacateiro no Paraná. Cultivares recomendadas por zonas térmicas conforme o risco de geadas: >21°C = risco baixo de geada - todas as cultivares; 19 a 21 °C = risco de geada - todas as cultivares exceto Margarida e Primavera, com proteção contra geadas no primeiro ano; 17 a 19 °C = risco médio de geadas - somente Fuerte com proteção no primeiro ano; <17 °C = risco alto de geadas - não recomendado.

Com base na Figura 2, a região com temperatura média anual 17 a 19,0 °C se correlaciona bem com eventos severos de geadas, apresentando riscos elevados e frequentes de danos. Nessa região, recomenda-se somente o cultivo da cultivar Fuerte que se mostrou muito tolerante ao frio (dados apresentados nesta dissertação). Das diversas cultivares existentes algumas são mais tolerantes ao frio que outras, o que pode estar ligado com sua raça de origem. Soares et al. (2002),

em experimento realizada na região de Capão Bonito - SP com plantas adultas de abacate submetidas a geada de até $-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, concluíram que a origem da raça da cultivar teve influência na resistência ao frio, destacando-se as raças mexicanas, como no caso da Fuerte.

Na região com temperatura média anual entre $19\text{ e }21\text{ }^{\circ}\text{C}$ o risco de geada existe, porém é menor para a cultura do abacateiro. Nessa região não se recomenda o plantio das cultivares Primavera e Margarida, pois estas se mostraram mais sensíveis em testes de laboratório (dados apresentados nesta dissertação). Na faixa de temperatura média anual superior a $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ os riscos de geada são baixos e todas as cultivares podem ser utilizadas.

Mindello Neto et al. (2004) avaliaram a tolerância ao frio de 8 cultivares de mudas de abacate, protegidas com galhos de eucalipto e sombrite (50%) associado com galhos de eucalipto, em Canoinhas SC, concluindo que os métodos de proteção foram eficientes quanto à sobrevivência das mudas. Entretanto, como não houve diferença na intensidade dos danos entre as raças dessas cultivares, os autores inferem que as mudas de abacate não tiveram capacidade de expressar resistência ao frio por estarem ainda em fase jovem.

No estado do Paraná a ocorrência de geada é devido ao deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia. Isso ocorre com bastante frequência no inverno, causando geadas inclusive no norte do estado, com danos frequentes à agricultura. O número de geadas varia de acordo com o local, tendo uma relação direta entre os parâmetros latitude e altitude dos locais (GRODZKI, 1996). Assim, para plantas jovens de abacateiro é recomendável adotar métodos de proteção seguindo as previsões de geadas.

5.5.2 Zoneamento dos períodos de colheita

Os resultados obtidos para as cultivares avaliadas são apresentados nas figuras 3 a 8.

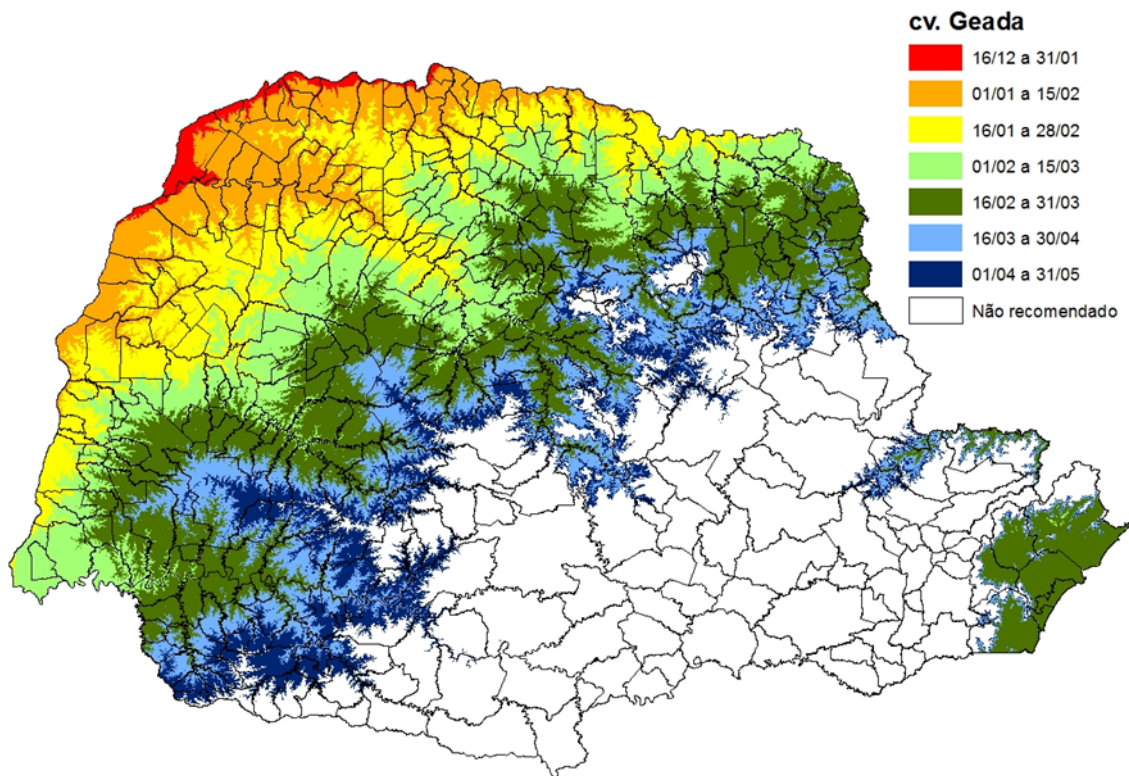


Figura 3 - Períodos de colheita para a cultivar Geada no Paraná.

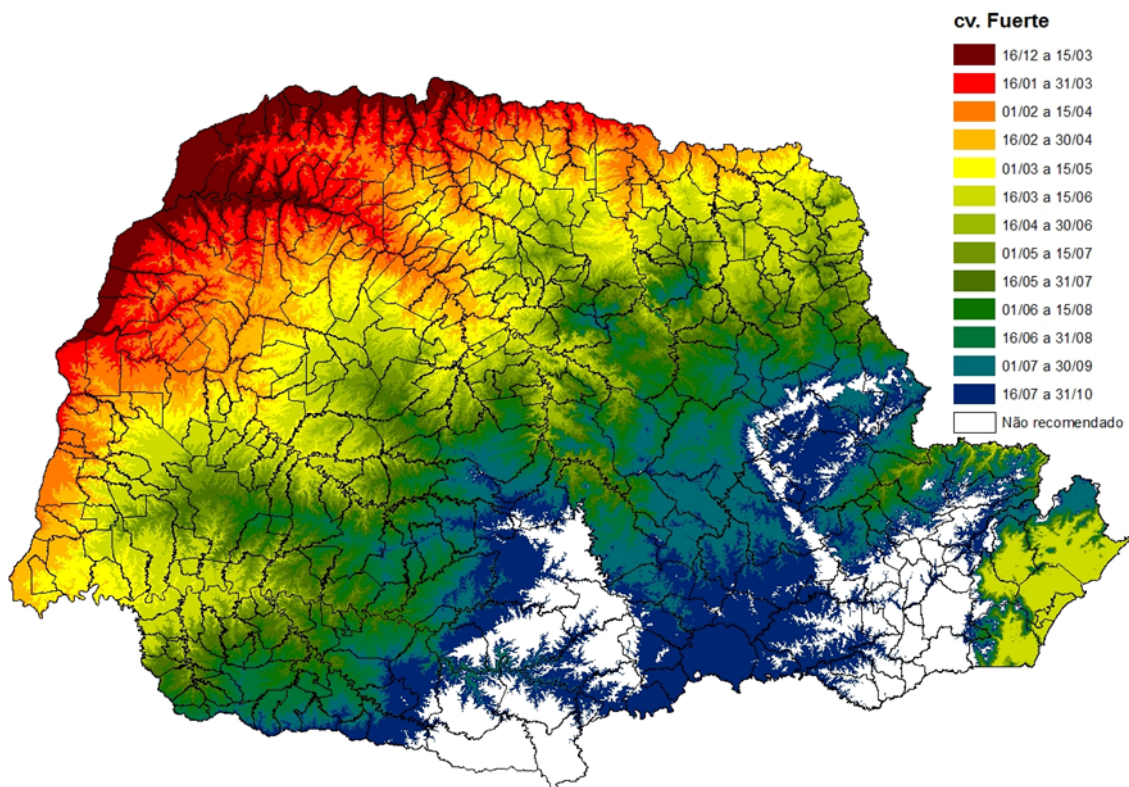


Figura 4 - Períodos de colheita para a cultivar Fuerte no Paraná.

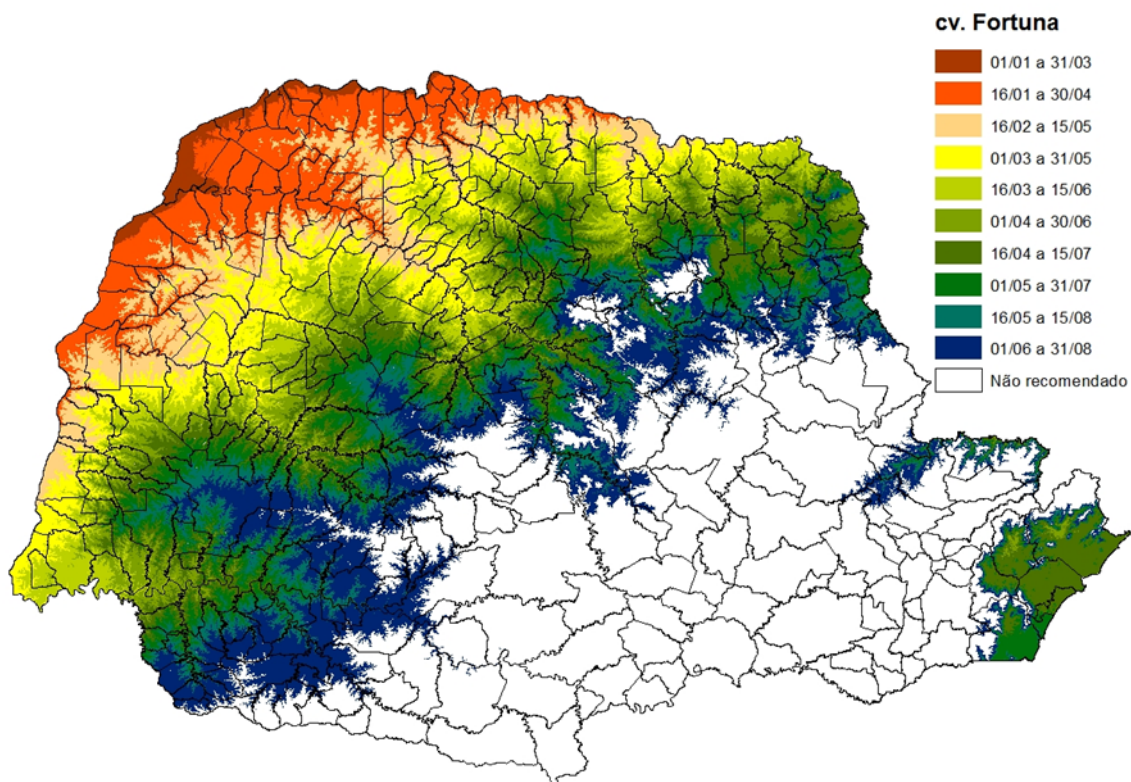


Figura 5 - Períodos de colheita para a cultivar Fortuna no Paraná.

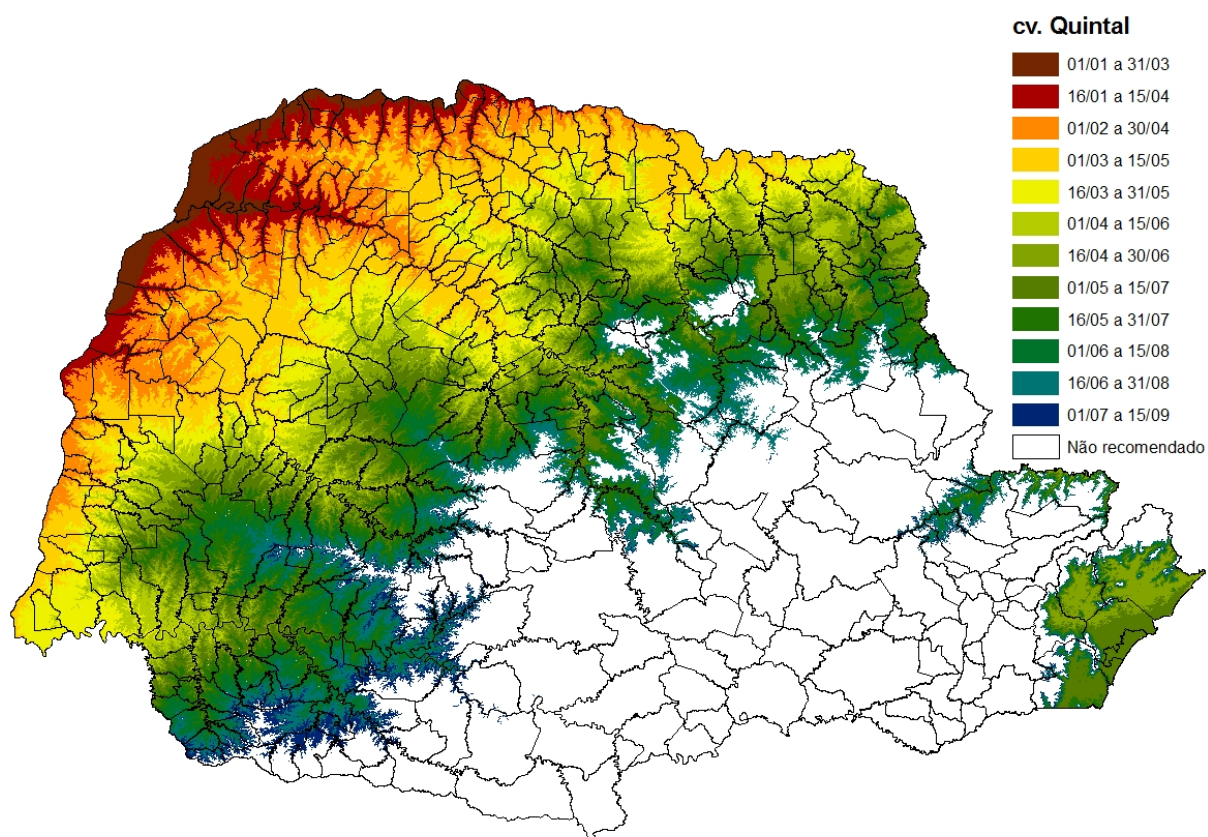


Figura 6 - Períodos de colheita para a cultivar Quintal no Paraná.

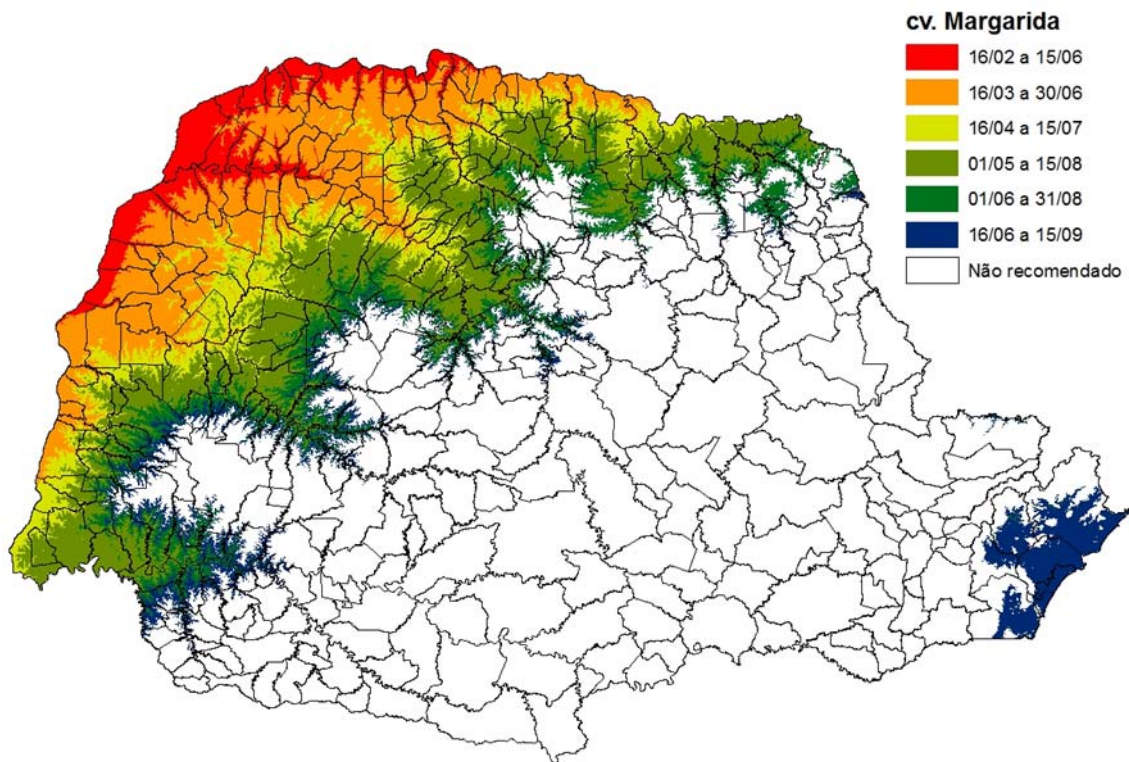


Figura 7 - Períodos de colheita para a cultivar Margarida no Paraná.

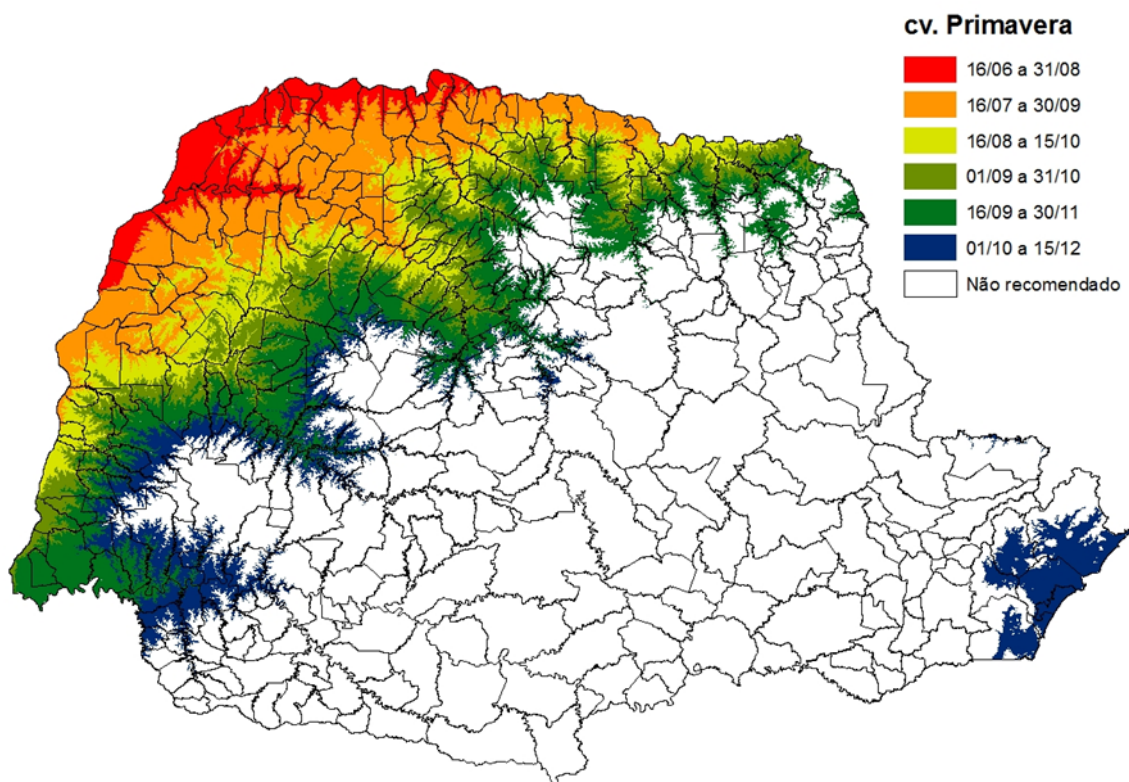


Figura 8 - Períodos de colheita para a cultivar Primavera no Paraná.

As cultivares Geada e Fuerte (Figura 3 e 4), iniciam sua colheita em dezembro sendo cultivares mais precoces, se estendendo até maio a cultivar Geada, e a Fuerte por ser mais tolerante ao frio, pode ser cultivada nas áreas com temperatura média anual entre 17 e 21°C o que permite colheita até outubro. Fortuna e Quintal (Figura 5 e 6) são cultivares meia-estação tendo início de colheita a partir de janeiro estendendo até setembro, já as cultivares Margarida e Primavera (Figura 7 e 8), são cultivadas em áreas com temperatura média anual de 21°C, no entanto seu cultivo é recomendado numa região bem menor do Estado, iniciando sua colheita em fevereiro para Margarida e em Junho para Primavera, com colheita até Dezembro para cultivar Primavera sendo consideradas cultivares mais tardias.

As seis cultivares apresentaram ponto de colheita distinto em cada região do estado, isso ocorre devidobasicamente ao efeito da temperatura do ar sobre o desenvolvimento da planta, principalmente no período entre o florescimento e a maturação (LUCCHESI; MONTENEGRO, 1975). Sentelhas et al. (1995) realizaram o zoneamento climático da época de maturação do abacateiro no estado de São Paulo, concluindo que cultivares precoces, de meia-estação e tardias apresentaram diferenças de dias entre o florescimento e a maturação que possibilitam ampliar o período de colheita. Também foram observadas diferenças entre as localidades na época de maturação de uma mesma cultivar, devido às variações climáticas, como encontrado neste trabalho.

Os resultados obtidos indicam que existe um grande potencial para produção de abacate em grande parte do ano no estado do Paraná, combinando o plantio em diferentes regiões com cultivares de diferentes ciclos. Evitando-se o plantio das cultivares mais sensíveis nas áreas mais frias do estado, o risco de perdas por geadas diminui sensivelmente. Na Tabela 2 são apresentados os períodos médios prováveis de colheita para cada cultivar, considerando toda a área apta do estado. Para cada município é possível visualizar os períodos de colheita por cultivar através das Figuras 3 a 8.

Tabela 2 - Períodos prováveis de colheita para cada cultivar no estado do Paraná.

Cultivar	Colheita
Geada	Dezembro/Maio
Fuerte	Dezembro/Outubro
Fortuna	Janeiro/ Agosto
Quintal	Janeiro/ Setembro
Margarida	Fevereiro/Setembro
Primavera	Junho/Dezembro

Com as informações contidas neste trabalho é possível orientar de forma segura a expansão da cultura do abacate no estado do Paraná direcionado à produção de biocombustíveis. As possíveis indústrias a serem instaladas têm elementos para planejar ou fomentar os cultivos das diferentes cultivares, de acordo com seu ciclo e localização, visando o suprimento contínuo de matéria prima ao longo do ano.

5.6 CONCLUSÕES

O Paraná possui regiões aptas ao cultivo do abacate. O principal risco climático é a ocorrência de geadas, porém pode-se utilizar cultivares mais tolerantes e métodos de proteção para pomares recém-implantados. A deficiência hídrica não é limitante, mas em algumas épocas a irrigação pode ser necessária para a implantação da cultura, destacando-se o período de inverno e começo da primavera. As diferenças térmicas e de ciclos das cultivares de abacate possibilitam colheita em grande parte do ano, o que propicia condições favoráveis ao funcionamento de indústrias de produção de biodiesel de abacate no Paraná.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, J. S. Cultura racional do abacateiro. SP, ICONE. **Coleção Brasil Agrícola**. p.11-136. 1985
- CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. Abacate: da cultura ao processamento a comercialização. **Séries frutas tropicais-1**. Campinas: ITAL, p. 212. 1978.
- CARAMORI, P H, CAVIGLIONE, J. H., WREGE, M. S., GONÇALVES, S. L., ANDROCIO FILHO, A., SERA, T., CHAVES, J. C. D., KOGUISHI, M. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica L.*) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p.486 - 494, 2001.
- DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2º ed. Brasília: DENACOOOP, 1995. 53p. (Série de publicações técnicas da FRUPEX)
- FRANCISCO, V. L. F. dos. S.; BAPTISTELLA, C. da S. L. Cultura do abacate no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 27-41, 2005.
- GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 93-99, 1996.
- HOLMES, R.M., ROBERTSON, G.W. **Heat units and crop growth**. Ottawa, Canada Department of Agriculture. Publication n. 1042, 1959. 35 p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. 2013. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- LUCCHESI, A.A., MONTENEGRO, H.W.S. Influência ecológica no desenvolvimento do fruto e no teor de óleo na polpa do abacate (*Persea americana*, Miller). **Anais...** Piracicaba – SP. ESALQ, v. 32, n. 1, 1975, p.419- 447.
- MALO, S. E. A cultura do abacateiro. In: Simpósio sobre Abacaticultura. **Anais...** Jaboticabal – SP. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, 1978, p.1-15.
- MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L.F. Culturas do Abacateiro e do Abacaxizeiro. **Boletim Técnico**. Mossoró – RN. Universidade Federal Rural do Semiárido UFERSA, v. 5, 2011, p. 14.
- MINDELLO NETO, U.R.; TORRES, A.N.L.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; HIRANO, E.; RAMOS, V.H.V. Métodos de proteção de mudas de abacate contra geada em diferentes cultivares. **Revista Brasileira de Fruticultura**. [online]. 2004, vol.26, n.2, pp. 258-260. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000200019>>. Acesso em: 03 fev. 2013.

MIRANDA, J. I. 2005. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 425 p.

PEDRO JR., M. J.; MELLO, M. H. A.; ORTOLANI, A. et al. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo. Campinas**. Instituto Agrônomo, 11 p., 1991 (Boletim Técnico, n. 142).

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, 1998. p.133- 137.

SENTELHAS, P. C.; PIZA JÚNIOR, C. T.; ALFONSI, R. R.; KAUATI, R.; SOARES, N. B. Zoneamento climático da época de maturação do abacateiro no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.133-140, 1995.

SOARES, N. B.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; TEIXEIRA, L. A. J.; De Castro, J. L. Tolerância a baixas temperaturas de cultivares de abacate (*Persea americana* Mill.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.721-723, 2002.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. The water balance. **Climatology**, Centerton, v. 8, n. 1, p 1-140,1955.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Neste trabalho analisou-se o potencial da cultura do abacate no estado do Paraná para produção de biocombustíveis. Resultados de fenologia obtidos em campo indicaram que há uma grande diversidade de ciclos que possibilitam a produção durante grande parte do ano, contando também com a diversidade de ambientes no estado do Paraná. Análises de laboratório comprovaram também o grande potencial de produção de óleo da polpa e amido do caroço do abacate, indicando esta cultura como altamente recomendada à produção de biocombustíveis. As geadas são o principal fator restritivo ao cultivo, mas análises em câmara controlada mostraram que existe diversidade para tolerância ao frio que permite orientar o plantio em grande parte do estado. Finalmente, com o zoneamento agroclimático se definiu as áreas aptas ao cultivo e os períodos de colheita para cada cultivar analisada, evidenciando que é possível produzir frutos no Paraná por um período estendido, viabilizando assim a implantação de indústrias de biocombustíveis.