



## FATORES ECOLÓGICOS E O CULTIVO DA NOGUEIRA-MACADÂMIA

Marcos José Perdoná<sup>1</sup>

Fernando Takayuki Nakayama<sup>2</sup>

Jorge Luiz Abranches<sup>3</sup>

### RESUMO

Fatores ecológicos podem ser a causa de baixas produtividades no cultivo da noqueira-macadâmia no estado de São Paulo. Esse estudo teve como objetivo compilar informações sobre a ecofisiologia dessa noqueira, identificar os gargalos para sua expansão no estado e fornecer alternativas na busca por melhores produtividades. Entre os assuntos abordados estão: condições climáticas do centro de origem da planta, suas características morfológicas, fenologia, interações ambientais, localidades com aptidão ao cultivo, cultivo consorciado e uso de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Macadamia integrifolia* (L.), viabilidade, ecofisiologia.

### ECOLOGICAL FACTORS AND THE MACADAMIA CROPPING SYSTEM

#### ABSTRACT

*Ecological factors may be the cause of low productivity in the cultivation of macadamia in state of São Paulo. This study aimed to gather information on the ecophysiology of this walnut, identify the difficulties for its expansion in the state and provide offer alternatives that provide better yields. Among the topics discussed are: climatic conditions of the center of origin of the plant, its morphological characteristics, phenology, environmental interactions, locations with suitability for cultivation, intercropping and irrigation.*

**KEY-WORDS:** *Macadamia integrifolia* (L.), viability, ecophysiology.

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Bauru-SP, marcosperdona@apta.sp.gov.br;

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Adamantina-SP, fnakayama1980@gmail.com;

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando, Secretaria da Agricultura de Bauru (SAGRA), jorgeabranches@bauru.sp.gov.br



## **FACTORES ECOLÓGICOS Y CULTIVO DE NUEZ- MACADAMIA**

### **RESUMEN**

*Factores ecológicos pueden ser la causa de la baja productividad en el cultivo de nueces de macadamia en el estado de São Paulo. Este estudio tuvo como objetivo recopilar información sobre la ecología fisiológica de este nogal, identificar cuellos de botella para su expansión en el estado y ofrecer alternativas en la búsqueda de una mejor productividad. Entre los temas tratados se encuentran: las condiciones climáticas del centro de origen vegetal, sus características morfológicas, fenología, interacciones ambientales, localidades con el cultivo de la aptitud, el cultivo intercalado y el uso de riego.*

**PALABRAS-CLAVE:** *Macadamia integrifolia (L.), la viabilidad, la ecofisiología.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O cultivo da noqueira-macadâmia é recente no Brasil. Informações e recomendações para a cultura têm sido adaptadas de pesquisas realizadas no Havaí e na Austrália, porém, pela falta de pesquisas locais, as produtividades obtidas aqui são inferiores às de lá (SACRAMENTO et al., 2003; SOBIERAJSKI et al., 2006). Já para São José (1991), a produtividade dessa noqueira pode ser muito influenciada pelo ambiente. Assim, existem dúvidas se o ambiente ou os manejos adotados são responsáveis pelo baixo desempenho na produtividade nacional. No estado de São Paulo a noqueira ocupa uma área de pouco mais de 2.000 hectares e as baixas produtividades não permitem maiores ganhos aos produtores, o que dificultam a expansão da cultura (PERDONÁ, 2013). Entender as características dessa noqueira, sua interação com o meio, seu comportamento nas condições brasileiras e conhecer os manejos que podem levar a aumentos de produtividade parece ser o caminho mais seguro para aumentar a representatividade global do Brasil na produção dessa noz.

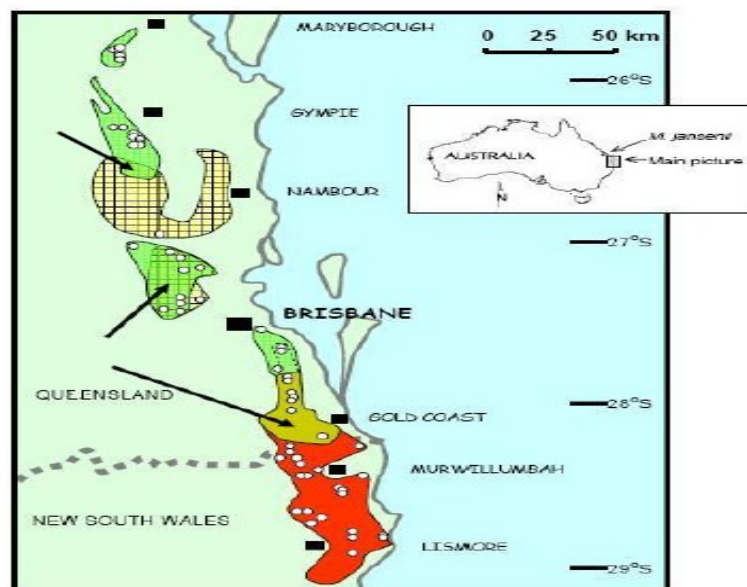
#### **1.1 Centro de Origem**

As noqueiras-macadâmia são árvores nativas das florestas subtropicais e tropicais dos estados de Queensland e Nova Gales do Sul, na costa leste da Austrália



(STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994). Existem mais de 10 espécies do gênero descritas, porém, as espécies *Macadamia integrifolia* (Maiden e Betche) e *Macadamia tetraphylla* (L.) são as únicas exploradas economicamente, sendo a primeira, a única cultivada no Brasil em escala comercial (BRENES, 1983; SÃO JOSÉ, 1991).

A *M. integrifolia* é originalmente de região mais quente que a *M. tetraphylla* (PEACE, 2002). Um dos principais centros de origem, Brisbane (Figura 1), que fica no estado de Queensland, apresenta um clima subtropical úmido (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa). As chuvas ocorrem com maior frequência durante o verão (dezembro a fevereiro), quando as temperaturas médias ficam em torno de 30 °C. O inverno é seco e ameno com temperaturas médias próximas a 17 °C e a precipitação média anual é de cerca de 1.200 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2014). Essas condições são similares as que ocorrem em boa parte do estado de São Paulo que, assim como as regiões do centro de origem da *M. integrifolia*, também cortado pelo Trópico de Capricórnio, indicando, a princípio, ser este um local favorável ao cultivo da macadâmia.



**Figura 1** - Mapa das áreas de ocorrência das espécies *Macadamia integrifolia* (verde) e *Macadamia tetraphylla* (vermelho). Fonte: Peace (2002).

## 1.2 Características da Planta



A *Macadamia integrifolia* (Maiden e Betche) pertence à família *Proteacea*, conhecida por sua capacidade de extrair nutrientes, mesmo em solos mais pobres (LAMBERS et al., 2008). Possui raiz pivotante, porém, é característica da espécie ter um grande número de raízes superficiais densas e agrupadas (SÃO JOSÉ, 1991).

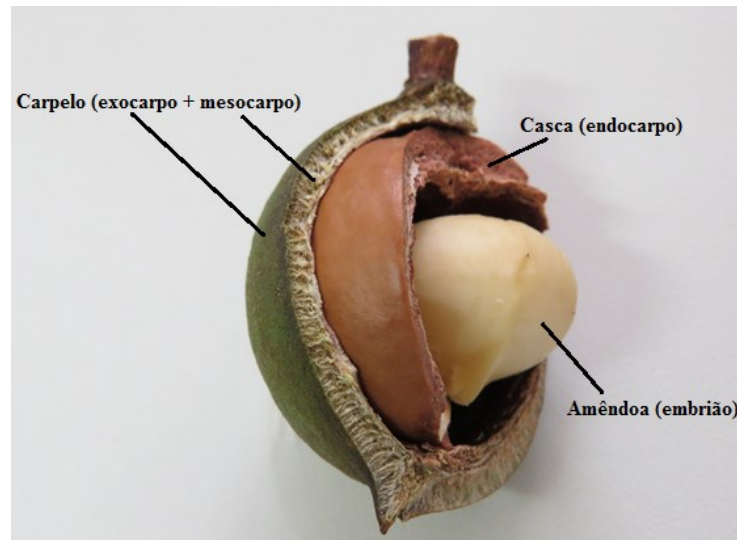
É uma árvore de porte alto e bem encopada, chegando a atingir 20 metros de altura e 15 metros de diâmetro de copa. As folhas são estreitas e alongadas, bastante duras, cerosas e verdes durante todo o ano. Medem entre 10 e 30 cm, podem apresentar espinhos em suas bordas e em cada entrenó aparecem três folhas. Normalmente, as floradas são abundantes, porém, somente 1 a 3% das flores resultarão em frutos comerciáveis. As inflorescências (racemos) aparecem em ramos maduros, entre os meses de junho a setembro. As flores da *M. integrifolia* são brancas e aparecem em racemos, com até 35 centímetros de comprimento, que contém de 100 a 300 delas (SÃO JOSÉ, 1991; PIMENTEL, 2007; MEDEIROS et al., 2008).

Acredita-se que a autopolinização ocorra com grande frequência, porém com baixo número de frutos formados, e que, a polinização cruzada seja mais efetiva na formação de frutos. A polinização cruzada é feita por abelhas melíferas e é pouco provável que ocorra a disseminação de pólen pelo vento (WALLACE et al., 1996; BENNELL, 1984). Assim, o plantio intercalado de diferentes cultivares, é recomendado pois, as noqueira-macadâmia, além de autoincompatibilidade, revelam diferentes níveis de capacidade combinatória nos cruzamentos (SACRAMENTO et al., 1999). Os últimos autores, trabalhando com a polinização cruzada entre cinco cultivares nacionais concluíram que as melhores combinações para frutificação inicial são indicadas pelos seguintes cruzamentos: IAC 4-20 x IAC Campinas A, IAC 4-12 B x IAC 2-23 A, IAC 4-20 x IAC 4-12 B, IAC 5-10 x IAC 2-23 A, IAC 5-10 x IAC 4-20, IAC 4-20 x IAC 2-23 A e IAC 5-10 x IAC 4-12 B.

O desenvolvimento dos frutos se dá, normalmente, entre os meses de outubro a dezembro (SOBIERAJSKI et al., 2006). Embora seu fruto seja chamado de noz, botanicamente é um folículo, composto por carpelo (exocarpo e mesocarpo), casca (endocarpo) e amêndoa (embrião) (VILAS BOAS et al., 2012). Os frutos são carnosos, compostos por uma casca verde, externa, chamada de carpelo, que se abrem quando estes estão maduros, em torno de seis a sete meses após a florada

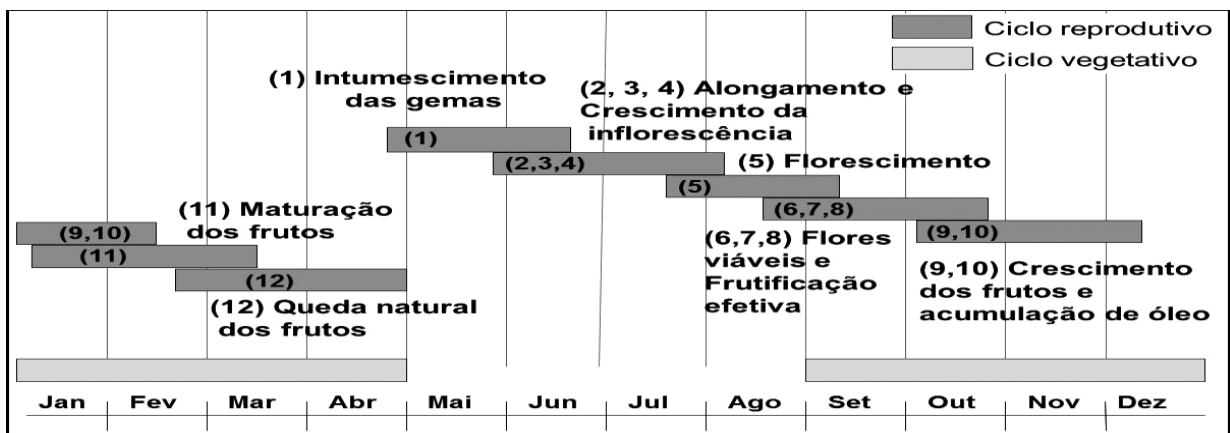


(Figura 2). Após a abertura, aparece uma segunda casca, lisa, marrom, e extremamente dura, que protege em seu interior uma noz branca (amêndoa), muito rica em óleo (JOUBERT, 1994; SOBIERAJSKI et al., 2007).



**Figura 2** - Fruto da noqueira macadâmia. Foto: Marcos José Perdoná

No Brasil, assim como na Austrália, as colheitas se concentram entre fevereiro e junho (Figura 3). Em alguns casos existem floradas temporãs, mas estas são comuns em regiões mais frias, de maior altitude, como o sul de Minas Gerais, propiciando colheitas fora de época. No Havaí, as colheitas ocorrem entre julho e novembro.



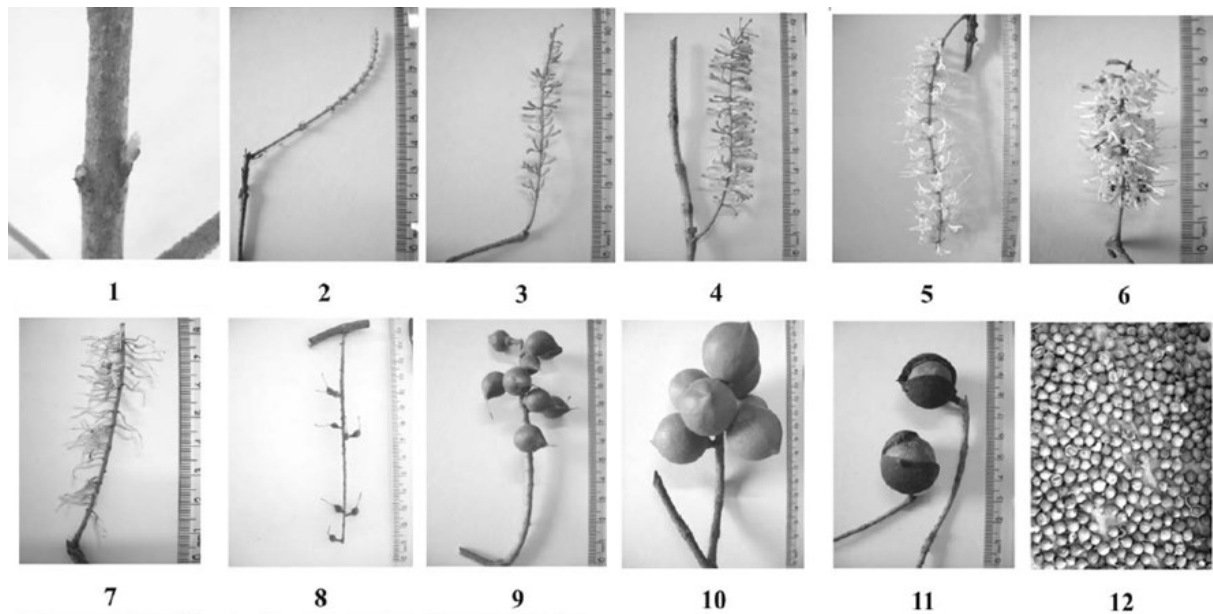
**Figura 3** - Duração dos subperíodos do desenvolvimento da macadâmia em condições brasileiras e estádios fenológicos: (1) Gemas intumescidas, primeiros indícios de diferenciação das gemas florais; (2) Crescimento do racemo, período em que ocorre a alongação do racemo floral; (3) formação dos botões florais; (4) flores em pré-antese; (5) flores abertas; (6) flores senescentes; (7) flores fecundadas; (8) frutificação efetiva; (9) crescimento dos frutos, início do acúmulo de óleo; (10) final do período de



crescimento dos frutos; (11) frutos maduros, alteração de coloração e abertura do carpelo; (12) queda natural dos frutos. Fonte : Schneider et al. (2012).

Um fenômeno constatado, em quase todos os anos, é a queda de frutos imaturos que, em sua maioria, ocorre no início do desenvolvimento dos frutos. Estudos, realizados em Jaboticabal-SP, mostraram que, uma planta adulta, que produz em média 13 kg de nozes, aborta um número de frutos superior àqueles produzidos. Dessa forma, estudos são necessários para evitar tais perdas, viabilizando o aumento das produtividades (PERDONÁ et al., 2013b).

Sobierajski et al. (2007) descreveram o ciclo fenológico de sete cultivares de macadâmia nas condições do estado de São Paulo e propuseram uma escala fenológica para a cultura, com 12 estádios (figura 4).



**Figura 4** - Escala fenológica da macadâmia: 1. gemas intumescidas; 2. crescimento do racemo; 3. formação dos botões florais; 4. Flores em pré-antese; 5. flores abertas; 6. flores senescentes; 7. flores fecundadas; 8. frutos formados; 9. crescimento do fruto; 10. final do período de crescimento dos frutos; 11. frutos maduros, e 12. queda dos frutos. Fonte : SOBIERAJSKI et al. (2007).



## 2. INFLUÊNCIA DOS FATORES ECOLÓGICOS NO CULTIVO

### 2.1 Temperatura

A temperatura é um dos fatores climáticos que influencia diretamente o crescimento e a produtividade da macadâmia. A temperatura média ótima fica entre 20°C e 25°C, sendo que a média das mínimas deve ser de 18 a 20° C e o limite inferior de temperatura para o crescimento da macadâmia está entre 10 e 15° C (STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994).

Temperaturas altas afetam a fisiologia das macadâmias. Plantas que cresceram em temperaturas controladas em torno de 35° C apresentam sinais de clorose, má formação dos ramos e eventuais mortes. Plantas que se desenvolveram em condições de temperatura acima de 30° C apresentaram clorose, porém, somente em ramos jovens (STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994).

Em condições de campo, as baixas temperaturas restringem o desenvolvimento das partes vegetativas, sendo que, a brotação retorna, quando as temperaturas começam a elevar-se, no início da primavera. Apesar disso, indivíduos adultos podem resistir, em condições mais severas, até mesmo a -6° C, contudo, nestas condições podem ocorrer injúrias no tronco, danificando o sistema vascular (MEDEIROS et al., 2008). Na época da dormência e com as folhas podadas, as plantas podem suportar temperaturas inferiores a -6,5°C por curtos períodos (DIERBERGER & MARINO Netto, 1985).

A emissão de flores é fortemente afetada pelas condições de temperatura. Por ocasião da diferenciação floral (junho-setembro) é ideal que as temperaturas noturnas sejam de 16 a 18° C por um período de 30 a 60 dias, para estimular a indução floral. Plantas submetidas a temperaturas de 12, 15, 18 e 21° C emitiram 160, 250, 390 e 10 racemos, respectivamente (SÃO JOSÉ, 1991).

Em seus estudos, Scheneider et al. (2012) consideram regiões com temperaturas médias anuais entre 19 e 24° C, e de inverno, maiores que 21° C, aptas ao cultivo da macadâmia (Tabela 1).



**Tabela 1** – Faixas de Temperatura para a determinação das classes de aptidão para o cultivo da noqueira-macadâmia.

Temperatura média anual (°C)	Temperatura no inverno (°C)
$T \geq 27$ – Inapto	$T_i > 21$ – Marginal
$24 \leq T < 27$ – Marginal	$T_i \leq 21$ – Apto
$19 \leq T < 24$ – Apto	
$17 \leq T < 19$ – Marginal	
$T < 17$ – Inapto	

Fonte: Schneider et al. (2012)

## 2.2 - Relações Hídricas

Algumas adaptações morfológicas e fisiológicas nas noqueiras-macadâmia contribuem para sua sobrevivência em ambientes relativamente secos. Folhas maduras não demonstraram sintomas de estresse até um potencial de -4,1 a -5,0 MPa, porém, a seca limita o desenvolvimento das árvores, bem como o crescimento e qualidade dos frutos. Em turgescência zero os sintomas são: aparência prostada, aparecimento de coloração esbranquiçada a cinza-prateada e surgimento de pontos necrosados de forma aleatória sobre a superfície da folha. A abscisão foliar ocorre quando o potencial hídrico chega próximo a -5,0 MPa (STEPHENSON et al., 2003).

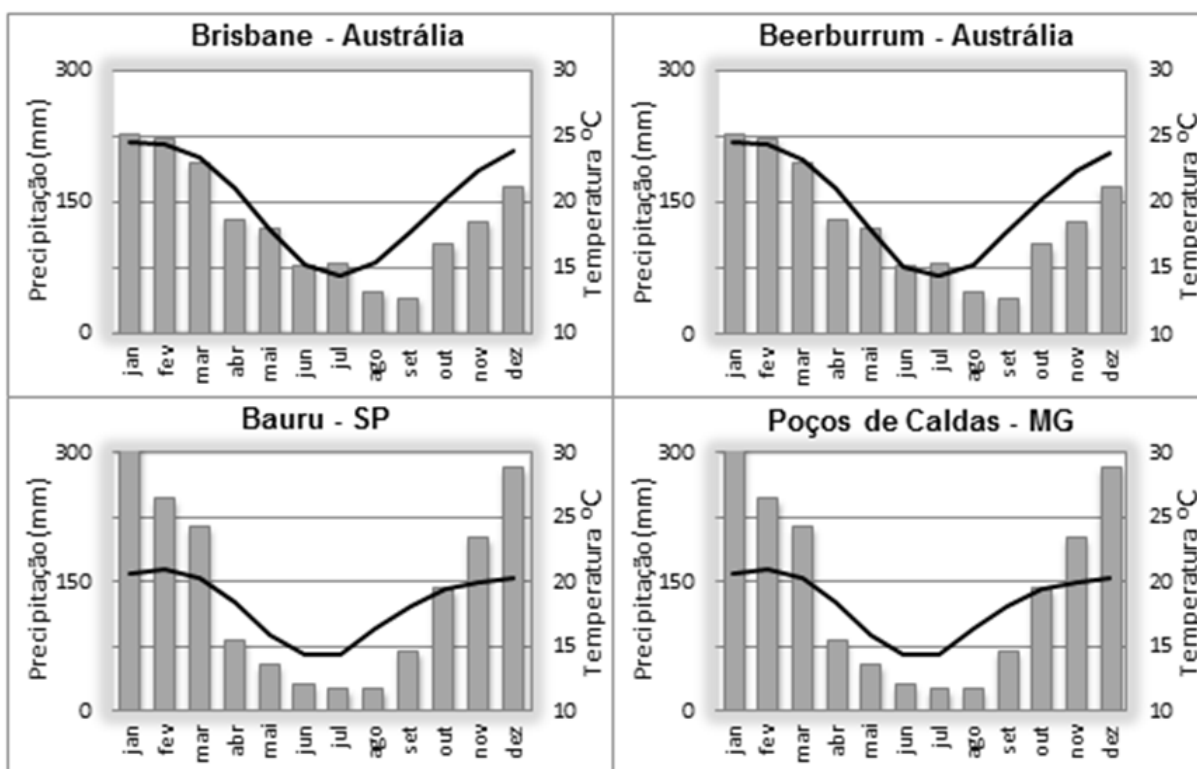
### 2.2.1 - Umidade

Um bom desenvolvimento dessas noqueiras pode ocorrer em regiões com baixas pluviosidades. Sabe-se de plantas que crescem bem em lugares onde a quantidade de chuva é de somente 900 mm, mas, bem distribuídas. Porém, as produtividades são bastante favorecidas em regiões de chuvas abundantes ou pelo uso de irrigação. Para Storey (1969), a precipitação pluviométrica ideal para o cultivo da noz macadâmia deve exceder 1.000 mm anuais.





Apesar de muitas semelhanças entre os climas de alguns dos locais origem da macadâmia (Brisbane e Beerburrum) e dos locais de cultivo da macadâmia no Brasil (Bauru-SP e Poços de Caldas-MG), os primeiros apresentam temperaturas mais elevadas no verão e melhor distribuição de chuvas durante o ano, o que pode favorecer o “pegamento” da florada (junho-setembro) naqueles locais (Figura 5), explicando, em parte, as maiores produtividades lá alcançadas.



**Figura 5** - Temperatura e Pluviosidade para Brisbane e Beerburrum, na Austrália e Bauru e Poços de Caldas, no Brasil. Fonte: adaptado de Climate-data.org

Em seus estudos, Scheneider et al. (2012) consideram regiões com precipitações anuais entre 1.000 e 2.300 mm, e de inverno, maiores que 40 mm, aptas ao cultivo da macadâmia (Tabela 2).



**Tabela 2** – Faixas de Precipitação para a determinação das classes de aptidão para o cultivo da noqueira-macadâmia.

<b>Precipitação anual (mm)</b>	<b>Precipitação no inverno (mm)</b>
$P \geq 2300$ – Marginal	$P_i \geq 40$ – Apto
$1000 \leq P < 2300$ – Apto	$P_i < 40$ – Marginal
$800 \leq P < 1000$ - Marginal	
$P < 800$ – Inapto	

Fonte: Schneider et al. (2012)

Apesar de plantas de macadâmia poderem suportar períodos prolongados de seca, as melhores produções dependem da ocorrência de chuvas ou irrigação no período de florescimento e desenvolvimento dos frutos (agosto a dezembro) (SÃO JOSÉ, 1991). Para Medeiros et al. (2008), apesar de sempre tomar por base o total de chuvas ocorridas durante o ano, o importante é a distribuição destas durante os meses.

Na Austrália, Stephenson et al. (2003) constataram redução de 45% na produção, em condições de estresse hídrico, durante a fase de abortamento prematuro dos frutos. No mesmo trabalho, verificaram diminuição, de 34 para 25%, na taxa de recuperação de amêndoas, quando o déficit hídrico ocorreu na fase de acúmulo de óleo. Os autores concluíram que a ocorrência de estresse hídrico, em qualquer uma das fases reprodutivas, mesmo que por curtos períodos, reduzem a produtividade de nozes. Perdoná et al. (2013b) verificaram, em Jaboticabal (SP), que o abortamento de flores, ocasionado pela falta de chuvas nos meses anteriores e durante o florescimento, diminuíram em até 50% a produtividade de nozes, reforçando a importância do uso de irrigação no estado.



### 2.3 - Radiação Solar

Para São José (1991), as folhas desenvolvidas a pleno sol atingem o nível máximo de atividade fotossintética à intensidade luminosa de 70%, daquela que ocorre ao meio dia. As folhas desenvolvidas na sombra alcançam tal nível em menor intensidade de luz, indicando adaptação à sombra. Porém, conforme citamos, apesar de ser uma planta originária de sub-bosque, a macadâmia apresenta baixa produtividade nestas condições. Luminosidade insuficiente, no interior da copa, reduz o número, tamanho e sobrevivência dos ramos. Com 10% de luz os ramos continuam a crescer e poucas gemas se desenvolvem, mas com 5%, apesar de permanecem vivos, ramos e gemas não se desenvolvem. Assim, a radiação solar influencia o desenvolvimento de novas gemas e, conseqüentemente, todo o crescimento vegetativo da macadâmia (STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994).

O ponto de compensação de luz ainda não está bem determinado. As folhas de macadâmia respondem ao aumento da intensidade luminosa, aumentando a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> até um patamar de 1200 a 1300  $\mu\text{mol quanta m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de irradiação, atingindo valores de até 14  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  a 20 °C. Em condições laboratoriais, a macadâmia apresentou máxima assimilação de CO<sub>2</sub> com irradiação de fótons de 1.500  $\mu\text{mol quanta m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994).

Assim, à medida que as copas se desenvolvem, o autosombreamento pode comprometer a produção. A interceptação da radiação fotossintética ativa (RFA) pode atingir 95% em dosséis completamente desenvolvidos, diminuindo a radiação das plantas nas partes inferiores da copa, que se tornaram menos produtivas (MEDEIROS et al., 2008). Dessa forma, o melhor espaçamento e arranjo espacial das plantas, dependerão do cultivar em questão, pois, estes apresentam diferentes conformações de copa. Além disso, um adequado manejo de podas deverá ser iniciado assim que ocorram diminuições nas produtividades das lavouras. A aplicação de biorreguladores como citocininas também foi testada com objetivo de se produzir copas menores para melhorar as condições de luminosidade e facilitar o manejo (BOSWELL et al., 1981), porém, seu uso não é praticado pelos produtores nacionais.



### 2.3.1 - Fotoperíodo

Embora não se saiba com exatidão quais são os fatores para a indução da floração, sabe-se que o fotoperíodo influencia sua iniciação. Na Austrália, as chuvas da primavera e elevação das temperaturas marcam o final do período de dormência das gemas, que pode durar de 50 a 100 dias. A iniciação floral ocorre então em maio, quando o comprimento do dia está ao redor de 10,7 horas (STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994). A iniciação das gemas se dá, com maior frequência, à temperaturas noturnas entre 15 e 18 °C e, nas regiões mais frias, a quebra de dormência é antecipada (STEPHENSON & GALLAGHER, 1987).

### 2.4 - Altitude

A altitude, relacionada com a temperatura média anual, é um fator que influencia na produtividade e qualidade da noz. Há relatos de que essas nozeiras sejam cultivadas em altitudes que variam de 300 a 2000 metros. Para Hamilton et al. (1987), o ideal é que as plantações estejam entre 100 e 600 m. No Havaí, a nozeira tem produtividades elevadas desde o nível do mar até 750 m de altitude, e a 1500 m, o crescimento e a colheita são menores, e as cascas das nozes são mais grossas (DIERBERGER & MARINO NETTO, 1985). Porém, no Brasil, as regiões de altitude, como o sul mineiro, apresentam as produtividades mais elevadas do país. Nesses locais ocorrem várias floradas durante o ano (pelo menos três), favorecendo o aumento das produtividades. É possível que a indução de floradas temporãs ocorram pelo acúmulo de número de horas frias, pois essas regiões de altitude possuem noites mais frias.



## 2.5 - Ventos

Embora possam ser utilizadas como quebra-ventos, para proteger culturas de menor porte, pela fraca formação e má estrutura do sistema radicular as plantas de macadâmia são muito suscetíveis à ação dos ventos. Com certa frequência encontram-se plantas tombadas, com galhos ou mesmo o tronco quebrado. Para Franco et al. (1991), o vento tem ação prejudicial quando está acima de  $3 \text{ m s}^{-1}$ . Assim, a proteção do pomar é importante, sendo que o pomar deve ser instalado em vales e encostas protegidas (SÃO JOSÉ, 1991). Nos anos iniciais da cultura, podem ser utilizadas estacas para evitar a quebra dos troncos das mudas, que são relativamente frágeis até o terceiro ano de idade.

## 2.6 - Solos

O sistema radicular da macadâmia é formado por raízes densas agrupadas, com alta capacidade de absorção de nutrientes em solos pobres, inclusive naqueles com baixos níveis de fósforo (STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994). Essa eficiência de absorção de nutrientes em solos pobres é evidenciada pela pequena variação de produção de certas variedades implantadas em diferentes solos na Austrália (STEPHENSON et al., 1986).

Porém, a macadâmia tem seu melhor desenvolvimento em solos profundos e bem drenados, com teores de matéria orgânica entre 3 a 4%, capacidade de troca catiônica média entre 10 e 15% e pH de 5,0 a 5,5, apesar de estar bem adaptada a solos com pH mais baixos, em torno de 4,5 (STEPHENSON & TROCHOULIAS, 1994). Cereda e Marchi (1991) citam que a macadâmia necessita de solos com média a alta fertilidade, friável o suficiente para permitir um bom desenvolvimento do sistema radicular até pelo menos 75 cm de profundidade, bom teor de matéria orgânica e pH variando de 4,5 a 6,5.

Para Medeiros et al. (2008), o pH ideal para essa cultura varia com o tipo de solo, dependendo do fator limitante a ser considerado. Em solos com alumínio, o pH deve ser elevado a 5,2-5,5 de modo que a solução do solo não contenha mais de 1,2 ppm de Al, teor acima do qual foram verificados afeitos negativos experimentalmente.



Em solos ricos em Mn esse limite eleva-se para pH 6,0-6,5, já que a solubilidade do Mn decresce mais lentamente do que a do Al com a elevação do pH do solo.

Bruckner & Martinez (1991) afirmam que teores ao redor de 1,54% de N em folhas maduras são os adequados para o crescimento e produção. Sob carência de N, as folhas tornam-se progressivamente verde pálidas e verde amareladas, sintomas semelhantes são vistos no caso da deficiência de S. Assim sendo, relações foliares N:S inferiores a 9 associam-se à carência de N e as superiores a 14 à carência de S. No solo, a relação N:S correspondente a 95% da produção máxima foi de 6. Para esses autores, os teores de P de 0,065 e 0,070 são os recomendados como ótimos, evitando-se assim a deficiência de Fe e Mn.

Perdoná et al. (2013b) verificaram que a máxima produção de amêndoas foi obtida aplicando-se 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, em Jaboticabal – SP. Utilizando uma adubação de 100-25-100 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, Perdoná et al. (2014a) verificaram que o parcelamento da adubação proporcionou maiores teores de N nas folhas, e que a produtividade foi incrementada de forma similar com o parcelamento da adubação NPK em duas, três ou quatro vezes, entre outubro e abril, em comparação à aplicação única em outubro. Com relação ao abortamento de frutos e a prática de adubações, Perdoná et al. (2014b) constataram que a aplicação de N, bem como o parcelamento da adubação NPK de cobertura, pelo menos em duas vezes (outubro e dezembro), não afetaram o número de frutos abortados, mas, por aumentarem o número total de frutos emitidos e reduzirem a percentagem de abortamento, proporcionaram maior produtividade de nozes.



### 3. APTIDÃO PARA O CULTIVO

Segundo as necessidades da planta, os parâmetros climáticos utilizados para definir o zoneamento agroclimático são: Chuva total anual (P), chuva no inverno (Pi) temperatura média anual (T) e temperatura no inverno (Ti) (SÃO JOSÉ, 1991; TROCHOULIAS E LAHAV, 1983). Os parâmetros utilizados por Schneider et al. (2012), para definição do zoneamento para o cultivo da macadâmia no Brasil são apresentados a seguir (Tabela 3).

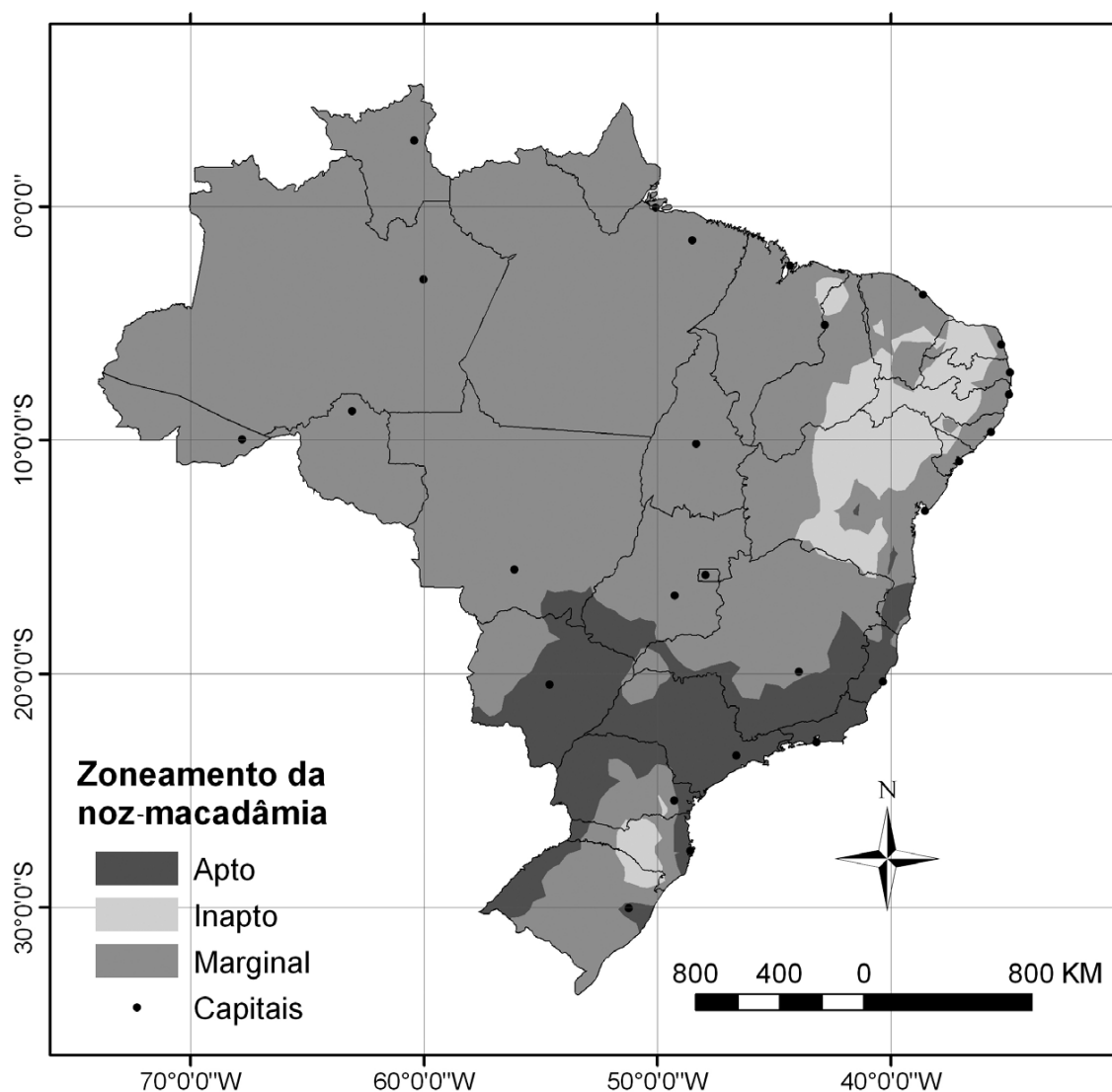
**Tabela 3** - Resumo dos parâmetros climáticos para a determinação das classes de aptidão para o cultivo da noqueira macadâmia.

<b>Precipitação anual (mm)</b>	<b>Precipitação no inverno (mm)</b>
$P \geq 2300$ – Marginal	$P_i \geq 40$ – Apto
$1000 \leq P < 2300$ – Apto	$P_i < 40$ – Marginal
$800 \leq P < 1000$ – Marginal	
$P < 800$ – Inapto	
<b>Temperatura média anual (°C)</b>	<b>Temperatura no inverno (°C)</b>
$T \geq 27$ – Inapto	$T_i > 21$ – Marginal
$24 \leq T < 27$ – Marginal	$T_i \leq 21$ – Apto
$19 \leq T < 24$ – Apto	
$17 \leq T < 19$ – Marginal	
$T < 17$ – Inapto	

Fonte: Schneider et al. (2012)



Utilizando o sistema de informação geográfica ArcGIS 9.0 © ESRI, esses autores fizeram a interpolação espacial dos valores de P, Pi, T e Ti para todas as localidades brasileiras e, finalmente, com a interpolação dos mapas, chegaram ao zoneamento agroclimático da cultura de macadâmia para o Brasil (Figura 6).



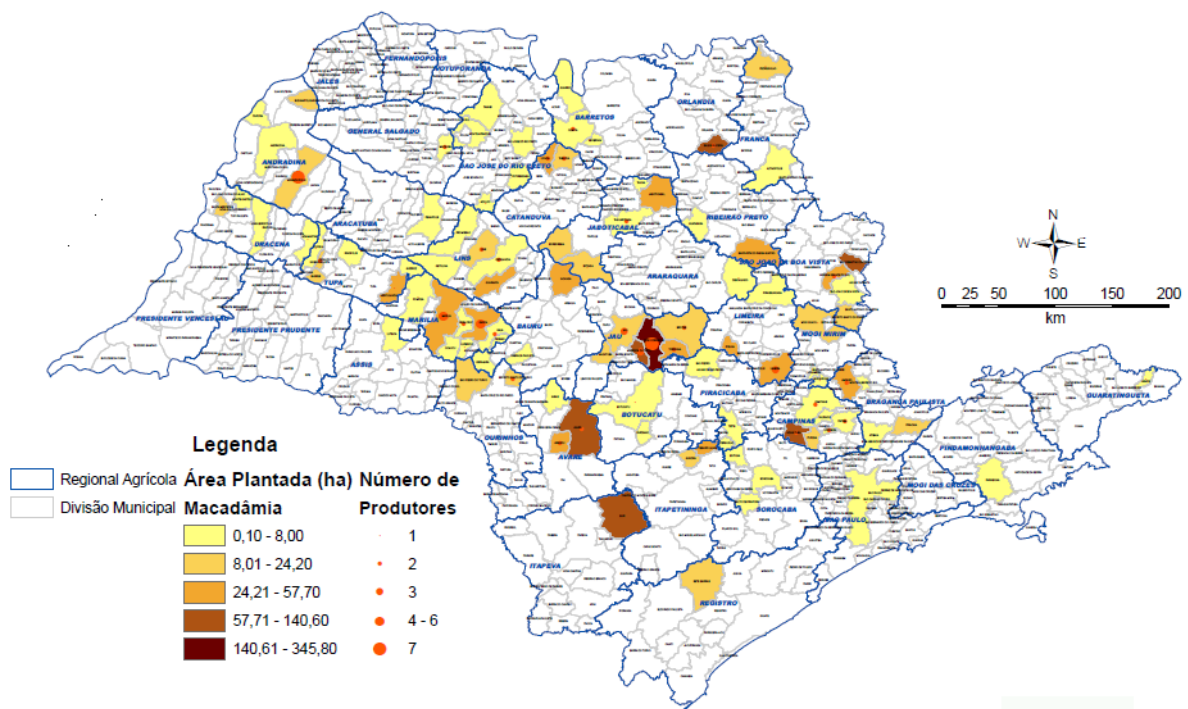
**Figura 6** - Zoneamento agroclimático para a cultura de nozeira macadâmia para o Brasil. Fonte: Schneider et al. (2012).

Pode-se concluir, portanto, que por suas condições climáticas, o Brasil se apresenta entre os países com maior potencial para produção de noz macadâmia no mundo, pois extensas áreas na região Centro-Sul apresentam condições climáticas favoráveis para a produção da noz, incluindo a quase totalidade do estado de São Paulo (SCHNEIDER et al., 2012).





Na prática, verifica-se que a expansão da cultura, no Brasil, ocorreu justamente nas áreas consideradas aptas ao cultivo, concentrada em São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Rio de Janeiro (SOBERAJSKI et al., 2006). Levantamentos realizados pela CATI (2008) informaram que até 2008, 199 produtores investiam nesse cultivo, no estado de São Paulo e que a macadâmia era a principal noqueira cultivada, ocupando área de aproximadamente 2.200 ha, com cultivos espalhados por todo o estado (Figura 7).



**Figura 7** – Distribuição Geográfica de área cultivada e número de produtores de macadâmia, por município, no estado de São Paulo. Fonte: CATI, 2007/08.



#### 4. VIABILIDADE DA ATIVIDADE NO BRASIL

Em seus estudos econômicos sobre a cultura no Brasil, Martin (1992) concluiu que todo produtor que vender seu produto a US\$ 1,50/kg e produzir acima de 3.500 kg/ha poderá atingir uma taxa interna de retorno de até 25,2% ao ano. Pimentel et al. (2007), em seus estudos sobre as potencialidades econômicas, concluíram que a cultura da noqueira-macadâmia é uma atividade viável, apresentando um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$16.789,47/ha e Taxa Interna de Retorno (TIR) de 26,05%, porém, o período de retorno do capital (*Pay-back*) é de 11 anos, fato que é agravado pelo elevado período juvenil da planta (5 a 6 anos), indicando que o tempo de retorno do capital é o principal gargalo da cultura da macadâmia no Brasil.

Uma forma de reduzir os custos da implantação do pomar e ainda obter um retorno econômico antecipado é utilizar a consorciação de culturas. No estado do Espírito Santo, a maior parte dos plantios de noqueira-macadâmia, aconteceu em consórcio com café, mamão e pimenta do reino (SOBIERAJSKI et al., 2006).

Quando conduzidas sob o sistema de cultivo consorciado com cafeeiros, sob irrigação, as cultivares de noqueira-macadâmia diminuem consideravelmente o período juvenil, apresentando boa produção desde o terceiro ano de idade. Assim, verifica-se que o avanço da cultura no país depende da melhoria na produtividade das lavouras e da viabilização técnica do seu cultivo em consórcio com outras culturas, principalmente nos anos iniciais, como forma de diminuição do período do retorno do investimento (PERDONÁ et al., 2012).

##### 4.1 Irrigação

O uso de irrigação é um fator que pode promover o aumento da produtividade das noqueiras nas condições brasileiras. Stephenson e Cull (1986) demonstraram a importância do fornecimento de água em fases específicas do desenvolvimento dos frutos, com ênfase para as fases de expansão. Assim, a irrigação é recomendada nas regiões onde ocorrem déficit hídrico, principalmente durante os períodos críticos, como na floração. Para Stephenson e Trochoulis (1994), os efeitos da irrigação



reduzem a queda prematura dos frutos e aumentam a taxa de crescimento da planta. Para São José (1991), em regiões mais chuvosas o incremento na produtividade pode ser de 8 a 10% e um período de 110 dias de estresse hídrico suave já reduz a produtividade em 11% e o fornecimento adequado de água através de irrigação pode elevar a produtividade em 60%, nas regiões mais secas.

Na Austrália, em um ano de baixa precipitação, Rothwell (2007), trabalhando com plantas da cultivar HAES 246, com trinta anos de idade e densidade de 200 plantas por hectare, verificou um aumento de 97% na produção de nozes em áreas irrigadas. No estado de São Paulo, estudos realizados pela APTA demonstraram que o uso da irrigação pode adiantar o início da produção das noqueiras-macadâmia em até 2 anos, e que a produtividade pode ser aumentada em até 50% nas 5 safras iniciais (PERDONÁ et al., 2013b).

#### 4.2 Cultivos consorciados

Nos anos iniciais do pomar, as noqueiras ocupam um pequeno percentual da área e apresentam um balanço financeiro negativo. Por esses motivos, o cultivo consorciado, apresenta-se como alternativa de renda, diminuindo o período de retorno do investimento. Diversas culturas como milho, arroz, feijão e mandioca, podem ser utilizadas nessa consorciação (Figura 8).



**Figura 8** – Plantio consorciado de macadâmia com mandioca e milho. **Fotos:** Marcos José Perdoná



É preferível que o produtor opte por culturas das quais ele domine os conhecimentos necessários para sua produção e já possua os equipamentos utilizados no cultivo, colheita e pós-colheita, não requerendo maiores investimentos.

#### 4.2.1 Cultivo consorciado de café e noqueira-macadâmia

Verifica-se que o consórcio da noqueira-macadâmia com o café, especialmente em sistema irrigado, pode ser interessante para reduzir o tempo de retorno do investimento, por antecipar e aumentar a produção da macadâmia e por ter o café produzindo na mesma área e contribuindo na renda (PERDONÁ, 2013).

O cultivo do café arborizado ou consorciado com árvores macadâmia (Figura 9) ocorre desde a década de 1970 no Brasil. A consorciação é utilizada com diversos objetivos: 1) a implantação de um consórcio permanente, com a produção de ambas as culturas; 2) um consórcio temporário, para viabilização econômica da implantação de um pomar de noqueira-macadâmia; 3) atenuação de condições climáticas adversas, por meio da arborização dos cafezais (PERDONÁ et al., 2013a).



**Figura 9.** Cultivo consorciado de café e noqueira-macadâmia **Fonte:** Perdoná et al. (2013a)

Pezzopane et al. (2010) também verificaram melhoras nas condições ambientais para os cafeeiros, em consórcio com macadâmia, como a diminuição da temperatura média e da velocidade dos ventos. Estudos recentes, desenvolvidos por pesquisadores da APTA, mostraram que o cultivo do café com macadâmia apresenta



rentabilidade superior ao cultivo solteiro dessas culturas (PERDONÁ et al., 2013a). Os resultados são ainda melhores quando o consórcio é irrigado (Tabela 4).

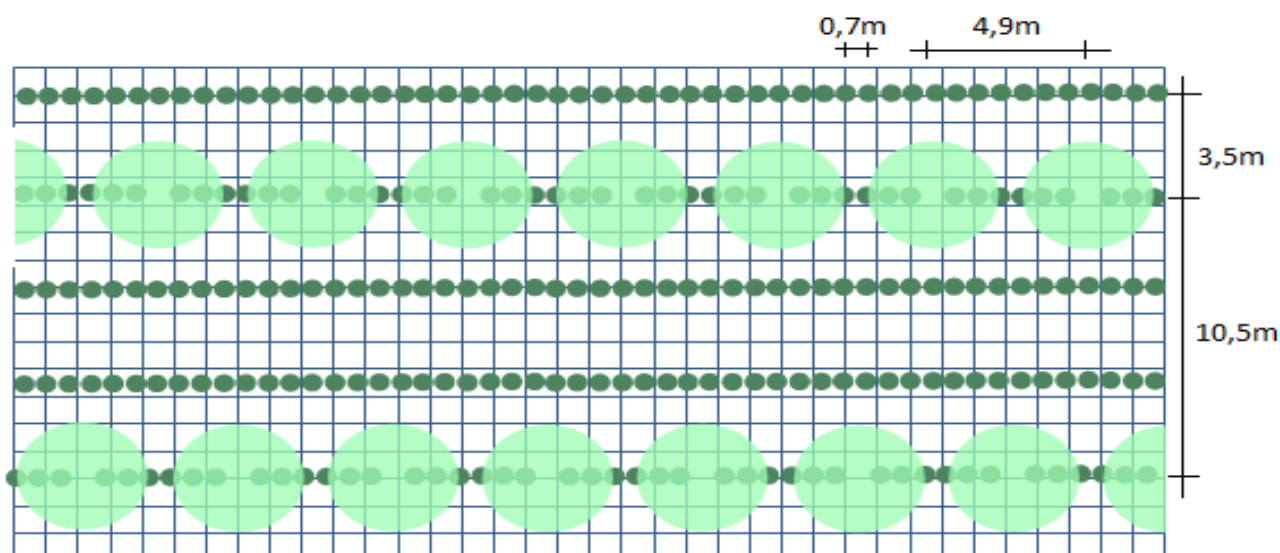
**Tabela 4.** Médias das produtividades das safras de 2012 e 2013 de café e noqueira-macadâmia, em lavouras com 6 anos, em três sistemas de cultivo (café solteiro, macadâmia solteira e consórcio entre elas), com e sem irrigação, em Dois Córregos-SP.

Sistema de cultivo	Café (sc/ha)	Noz em casca (kg/ha)	Renda Bruta* (R\$/ha)
Nogueira-macadâmia solteira sequeiro	-	761,6	3.351,04
Café solteiro sequeiro	22,8	-	6.999,60
Nogueira-macadâmia solteira irrigado	-	1.931,4	8.498,16
Consórcio sequeiro	26,1	931,5	12.111,30
Café solteiro irrigado	53,1	-	16.301,70
Consórcio irrigado	48,5	1.820,4	22.899,26

\*Considerando o preço de venda da saca de café beneficiado de R\$ 307,00, e da noz macadâmia em casca de R\$ 4,40.

**Fonte:** Perdoná et al. (2013a)

Um arranjo, utilizando cafeeiros de porte baixo no consórcio, com os espaçamentos de 0,6 a 0,7m entre plantas e 3,5 a 3,7m entre linhas, para os cafeeiros, e, para as macadâmias, de 4,7 a 5,6m entre plantas e 10,5 a 11,1m entre linhas (Figura 10).



**Figura 10.** Representação esquemática do consórcio de plantas de café (círculos menores) e noqueira-macadâmia (círculos maiores). **Fonte:** Perdoná (2013)



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o local de origem da noqueira-macadâmia e suas exigências ambientais, verifica-se que, assim como outras regiões do Brasil, o estado de São Paulo apresenta bom potencial para o desenvolvimento dessa noqueira. Porém, as produtividades podem e devem ser aumentadas pelo uso de novos conceitos na adubação das lavouras e de tecnologias pouco utilizadas atualmente, como a irrigação.

A viabilidade econômica, dessa cultura, também pode ser melhorada pelo uso da consorciação entre culturas, o que diminui o período de retorno do investimento e confere maior rentabilidade à atividade.

## REFERENCIAS

BENNELL M.R. 1984. **Aspects of the biology and culture of the Macadamia**, PhD Tese, University of Sydney, Australia.

BOSWELL, S.B., NAUER, E.M.; STOREY, W.B. **Axillary buds sprouting in macadamia induced by two cytokinins and a growth inhibitor**. Hort Science.v.16, n.1, p. 46, 1981.

BRENES, G.C. **El cultivo de la macadamia**. San Jose: Editorial Cafesa, 1983. 75p.

CATI - COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Levantamento das unidades de produção agropecuária**, estatísticas agrícolas, Estado de São Paulo, 2007/2008, Projeto LUPA. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

CEREDA, E.; MARCHI, M.J. **Botânica e caracterização da noqueira macadâmia**. In: ABEL REBOUÇAS, S.J. (Ed.). Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização. DFZ/UESB, Vitória da Conquista, BA, 1991, p-5-28.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima**:. <http://pt.climate-data.org/location>. Acesso em: 10 fev. 2014.

DIERBERGER, J.E.; MARINO NETTO, L.M. **Noz macadâmia: uma nova opção para a fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1985. 120p.

JOUBERT, A.J. **The cultivation of macadamias**. Crops: Institute for Tropical and Subtropical, 1994. 66p. (Bulletin, 426).

LAMBERS H.; RAVEN, J.A.; SHAVER, G.R.; SMITH, S.E. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. Trends Ecol. Evol., v.23, p. 95-103, 2008.



MARTIN, N.B. **Análise do potencial de competição da produção da noz macadâmia em São Paulo e no Havaí.** Informações Econômicas, v.22, n.1, p.9-53, 1992.

FRANCO, M.A.G.; SACRAMENTO, C.K.; PEREIRA, M.A. **Aptidão climática para o cultivo da macadâmia no sudeste da Bahia.** In: ABEL REBOUÇAS, S.J. (Ed). Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização. DFZ/UESB, Vitória da Conquista, BA, (1991), p. 39-44.

HAMILTON, R.A.; ITO, P.J; FOSS, S. **Testing adaptation of Hawaiian macadamia varieties at high elevations.** Yearbook – California Macadamia Society. v.27, p.53-59, 1987.

MEDEIROS, J.G.S.; STAPE, J.L.; KLUGE, R.A. **Macadâmia.** In: CASTRO, P.R. (Ed.). Manual de Fisiologia Vegetal (Fisiologia dos cultivos). São Paulo. 2008, p. 565-581.

PEACE, C.P. **Genetic characterisation of macadamia with DNA markers.** PhD dissertation. University of Queensland, Australia, 2002.

PERDONÁ, M.J. **Cultivo consorciado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e cultivares da nogueira-macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e *Betche*) sob os regimes sequeiro e irrigado.** 2013. 130p. Tese (Doutorado em Agricultura/Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

PERDONÁ, M. J. ; CRUZ, J. C. S. ; FISCHER, I. H. . **Cultivo consorciado de café e macadâmia.** Pesquisa & Tecnologia, v. 10, p. 1-6, 2013a.

PERDONÁ, M.J.; MARTINS, A.M.; SUGUINO, E.; SORATTO, R.P. **Crescimento e produtividade de nogueira-macadâmia em consórcio com cafeeiro arábica irrigado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.47, n.11, p.1613-1620, 2012.

PERDONÁ, M.J.; MARTINS, A.M.; SUGUINO, E.; SORATTO, R.P. **Nutrição e produtividade da nogueira macadâmia em função de doses de nitrogênio.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, n.4, p.395-402, 2013b.

PERDONÁ, M. J.; MARTINS, A. N.; SUGUINO, E.; BLAT, S. F.; SORATTO, R. P. **Nutrição e produtividade da nogueira macadâmia em razão do parcelamento da adubação mineral.** Revista Brasileira de Ciência do Solo (Online). v. 38, p. 831-839, 2014a.

PERDONÁ, M. J.; SUGUINO, E. ; MARTINS, A. N.; SORATTO, R. P. **Abortamento de frutos da nogueira macadâmia sob influência da adubação mineral.** Revista Ceres (Online), v. 61, p. 392-398, 2014b.

PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; SOUZA, J.M.; PEZZOPANE, J.E.M. **Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia.** Ciência Rural, v.40, n.6, p.1257-1263, 2010.

PIMENTEL, L.D. **A cultura da macadâmia.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.29, n.3, p.414-416, 2007.

PIMENTEL, L.D.; SANTOS, C.E.M.; WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, V.A.; BRUCKNER, C.H. **Estudo de viabilidade econômica na cultura da noz-macadâmia no Brasil.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.29, n.3, p.500-507, 2007.

ROTHWELL, L. **The effect of irrigation on the yield of *Macadamia integrifolia* (cultivar 246) for the harvest year of 2007 at Clunes, Northern New South Wales, Australia.** Environment Information Technology. Australia, personal communication, 2007.



SACRAMENTO, C.K.; PEREIRA, F.M.; PERECIN, D.; SABINO, J.C. **Capacidade combinatória para frutificação em cultivares de noqueira-macadâmia**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.11, p. 2045-2049, 1999.

SÃO JOSÉ, A. R. **Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização**. Vitória da Conquista-BA, DFZ-UESB, 1991, 224 p.

SCHNEIDER, L.M.; ROLIM, G.deS.; SOBIERAJSKI, G.daR.; PRELA-PANTANO, A.; PERDONÁ, M.J. **Zoneamento agroclimático de noqueira-macadâmia para o Brasil**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.34, n.2, p.515-524, 2012.

SOBIERAJSKI, G.R.; BARBOSA, W.; BETTIOL NETO, J.E.; CHAGAS, E.A.; CAMPO-DALL'ORTO, F.A. **Caracterização dos estágios fenológicos em sete cultivares e seleções de noqueira-macadâmia**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.29, n.3, p.690-694, 2007.

SOBIERAJSKI, G.R.; FRANCISCO, V.L.F. dos S.; ROCHA, P.; GHILARDI, A.A.; MAIA, M.L. **Noz-macadâmia: produção, mercado e situação no Estado de São Paulo**. Informações Econômicas, v.36, n.5, p.25-36, 2006.

STEPHENSON, R.A.; CULL, B.W. **Standad leaf nutrient levels for bearing macadamia trees in southeast Queensland**. Scientia Horticulturae, v.30, n.1, p.73-82, 1986.

STEPHENSON, R.A.; CULL, B.W.; PRICE, G.; STOCK, J. **Some observations on nutrient levels of three soils growing macadamia in South East Queensland**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v.30, n. 1-2, p. 83-95, 1986.

STEPHENSON, R.A.; GALLAGHER, E.C. **Effects of foliar boron sprays on yield and quality of macadamia nuts**. Sci. Hortic., 32:97-103, 1987.

STEPHENSON, R.A.; GALLAGHER, E.C.; DOOGAN, V.J. **Macadamia responses to mild water stress at different phenological stages**. Australian Journal of Agricultural Research, v.54, p.67-75, 2003.

STEPHENSON, R.A.; TROCHOULIAS, T. **Macadamia**. In: Handbook of environmental physiology of fruit crops. v.II: Sub-tropical and tropical crops SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C (Eds). CRC Press, Boca Raton, 1994, p. 147-163.

STOREY, W.B. **Macadamia**. In CRC handbook of flowering. III, (Ed. AH Halevy) (CRC Press: Boca Ration, FL), 1969.

TROCHOULIAS, T.; LAHAV, E. **The effect of temperature on growth and dry matter production of macadamia**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v.19, p.167-176 , 1983.

VILAS BOAS, N.; CASARIN, J.; CAETANO, J.; GONSALVES JR., A.C.; TARLEY, C.R.T.; DRAGUNSKI, D.C. **Biossorção de cobre utilizando-se o mesocarpo e o endocarpo da macadâmia natural e quimicamente tratados**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v.16, n.12, p.1359-1366, 2012.

WALLACE, H.M., VITHANAGE, V., EXLEY, E.M. **The effect of supplementary pollination on nut set of Macadamia (Proteaceae)**. Ann. Bot., v.78, p.765-773, 1996.